الدَّرْسُ

ما هُوَ الشُّغْلُ وَكَيْفَ يُقاسُ؟

What Is Work and How Is It Measured?

في هَذا الدَّرْسِ سَوْفَ ...

تَبْحَثُ
كَيْفَ يُقاسُ الشُّغْلُ.

تَتَعَلَّمُ
عَنِ الشُّغْلِ وَالْقُدْرَةِ.

تَرْبِطُ الْعُلومَ
بِالرِّياضِيّاتِ وَالْكِتابَةِ.

قِياسُ شُغْلٍ Measuring Work

هَدَفُ النَّشاطِ Activity Purpose تَعَلَّمْتَ في الدَّرْسِ ٢ أَنَّ الْقُوى غَيْرَ الْمُتَّزِنَةِ تُؤَثِّرُ في حَرَكَةِ الْجِسْمِ. حينَ تُحَرِّكُ قُوَّةٌ غَيْرُ مُتَّزِنَةٍ الْجِسْمَ، نَقولُ إِنَّها تَبْذُلُ «شُغْلاً». في هَذا النَّشاطِ سَوْفَ **تَقيسُ** قُوًى وَ**تَحْسُبُ** مِقْدارَ الشُّغْلِ الْمَبْذولِ، وَأَنْتَ تُحَرِّكُ أَجْساماً، لأَنَّ الشُّغْلَ لا يُمْكِنُ قِياسُهُ بِشَكْلٍ مُباشَرٍ.

الْمَوادُّ Materials

- جِسْمٌ ثَقيلٌ
- ميزانٌ زُنْبَرُكِيٌّ
- مِسْطَرَةٌ مِتْرِيَّةٌ
- سُلَّمٌ بِبِضْعِ دَرَجاتٍ مُتَّصِلَةٍ
- آلَةٌ حاسِبَةٌ

خُطُواتُ النَّشاطِ Activity Procedure

١ انْسَخِ الْجَدْوَلَ أَدْناهُ.

الشُّغْلُ

رَقْمُ الْمُحاوَلَةِ	الْوَزْنُ (نيوتُن)	الارْتِفاعُ (مِتر)	الشُّغْلُ (جول)
١			
٢			
٣			
٤			

٢ قِسْ وَزْنَ الْجِسْمِ مُسْتَخْدِماً الْميزانَ الزُّنْبَرُكِيَّ، وَ**سَجِّلْ** وَزْنَهُ في الْجَدْوَلِ أَمامَ الْمُحاوَلَةِ ١. (الصّورَةُ أ)

٣ **قِسِ** الارْتِفاعَ الْكُلِّيَّ لِلسُّلَّمِ بِالْمِتْرِ. **سَجِّلْ** أَيْضاً الْقِياسَ في الْجَدْوَلِ أَمامَ الْمُحاوَلَةِ ١. (الصّورَةُ ب)

► ما مِقْدارُ الْقُوَّةِ اللّازِمَةِ لِرَفْعِ سَيّارَةٍ؟

٤ يُمْكِنُ حِسابُ الشُّغْلِ بِضَرْبِ الْقُوَّةِ (نُيوتُنْ) بِالْمَسافَةِ (مِتْر). **احْسُبِ** الشُّغْلَ الَّذي يُمْكِنُ أَنْ تَبْذُلَهُ لِرَفْعِ الْجِسْمِ عَلى دَرَجاتِ السُّلَّمِ بِوَحْدَةِ نُيوتُنْ – مِتْرٍ أَوْ «جولْ». **سَجِّلْ** حاصِلَ الضَّرْبِ في الْجَدْوَلِ.

٥ افْتَرِضْ أَنَّكَ رَفَعْتَ الْجِسْمَ إِلى عُلُوٍّ يُساوي ضِعْفَ ارْتِفاعِ السُّلَّمِ. **سَجِّلِ** الارْتِفاعَ الْجَديدَ في الْجَدْوَلِ أَمامَ الْمُحاوَلَةِ ٢، **واحْسُبِ** الشُّغْلَ الْمَبْذولَ.

٦ في الْمُحاوَلَةِ ٣، **احْسُبِ** الشُّغْلَ الَّذي تَبْذُلُهُ إِذا رَفَعْتَ الْجِسْمَ إِلى عُلُوٍّ يُساوي ثَلاثَةَ أَضْعافِ ارْتِفاعِ السُّلَّمِ.

٧ في الْمُحاوَلَةِ ٤، افْتَرِضْ أَنَّ وَزْنَكَ يُساوي ٣٠٠ نُيوتُنْ. **سَجِّلْ** هذا الْبَيانَ الْجَديدَ، **واحْسُبِ** الشُّغْلَ الَّذي تَبْذُلُهُ حينَ تَصْعَدُ السُّلَّمَ مِنْ دونِ أَنْ تَحْمِلَ الْجِسْمَ.

الصُّورَةُ أ

الصُّورَةُ ب

اسْتَنْتِجْ Draw Conclusions

١. **قارِنْ** مِقْدارَ الشُّغْلِ الَّذي يَبْذُلُهُ شَخْصٌ يَزِنُ ٣٠٠ نُيوتُنْ حينَ يَصْعَدُ السُّلَّمَ مَرَّةً واحِدَةً، وَمِقْدارَ الشُّغْلِ الْكُلِّيِّ الَّذي يَبْذُلُهُ حينَ يَصْعَدُ السُّلَّمَ ثَلاثَ مَرّاتٍ.

٢. **فَسِّرْ بَياناتِكَ، واسْتَنْتِجْ** كَيْفَ يَرْتَبِطُ الشُّغْلُ بِالْقُوَّةِ وَالْمَسافَةِ.

٣. كَيْفَ يَعْمَلُ الْعُلَماءُ حينَ **يُفَسِّرُ** الْعُلَماءُ **الْبَياناتِ يَسْتَنْتِجونَ** أَحْيانًا، بِالاسْتِنادِ إِلى الْبَياناتِ الَّتي جَمَعوها. ماذا تَسْتَنْتِجُ حَوْلَ مِقْدارِ الشُّغْلِ الَّذي يَبْذُلُهُ الأَشْخاصُ الَّذينَ يَزِنونَ أَكْثَرَ مِنْ ٣٠٠ نُيوتُنْ؟

بَحْثٌ إِضافِيٌّ «الْقُدْرَةُ» هِيَ قِياسٌ لِسُرْعَةِ تَنْفيذِ الشُّغْلِ. يُمْكِنُكَ أَنْ تَقيسَ الْقُدْرَةَ بِوَحْدَةِ «جولْ/ثانِيَة». **ضَعْ فَرَضِيَّةً** حَوْلَ قُدْرَتِكَ وَأَنْتَ تَصْعَدُ السُّلَّمَ بِبُطْءٍ، وَقُدْرَتِكَ وَأَنْتَ تَصْعَدُ السُّلَّمَ بِسُرْعَةٍ. بَعْدَ ذلِكَ، **خَطِّطْ تَجْرِبَةً وَنَفِّذْها** لِتَخْتَبِرَ فَرَضِيَّتَكَ.

حينَ **تُفَسِّرُ الْبَياناتِ** يَنْبَغي أَنْ تَبْحَثَ عَنْ أَنْماطٍ في النَّتائِجِ. يُمْكِنُكَ بَعْدَ ذلِكَ أَنْ **تَسْتَنْتِجَ** بِالاسْتِنادِ إِلى تِلْكَ الأَنْماطِ.

الشُّغْلُ وَالْقُدْرَةُ Work and Power

تَعَرَّفْ

- كَيْفَ يُعَرَّفُ الشُّغْلُ وَكَيْفَ يُقاسُ
- كَيْفَ تُعَرَّفُ الْقُدْرَةُ وَكَيْفَ تُقاسُ
- ماذا تَفْعَلُ الآلاتُ الْبَسيطَةُ

الْمُفْرَداتُ

الشُّغْلُ Work

الْقُدْرَةُ Power

الشُّغْلُ وَالْجَهْدُ Work and Effort

كَيْفَ كانَ شُغْلُكَ الْيَوْمَ؟ هَلْ أَنْهَيْتَ شُغْلَكَ؟ لا بُدَّ أَنَّكَ سَمِعْتَ مِثْلَ هَذَيْنِ السُّؤالَيْنِ. إلاّ أَنَّ لِلشُّغْلِ عِنْدَ الْعُلَماءِ مَعنًى مُخْتَلِفًا عَنِ الْمَعْنى الَّذي أَلِفْتَهُ. لِكَيْ تَفْهَمَ كَيْفَ يُعَرِّفُ الْعُلَماءُ «الشُّغْلَ» فَكِّرْ في الْوَضْعِيَّةِ التّالِيَةِ:

افْتَرِضْ أَنَّ مُزارِعًا يُحاوِلُ أَنْ يَقْتَلِعَ جِذْعَ شَجَرَةٍ قَديمَةٍ مِنْ أَرْضِ الْحَديقَةِ. فَأَخَذَ يَشُدُّ وَيَشُدُّ حَتّى احْمَرَّ وَجْهُهُ وَتَصَبَّبَ الْعَرَقُ مِنْ جَبينِهِ. لَكِنَّ الْجِذْعَ لَمْ يَتَحَرَّكْ. وَكانَ مَعَ هَذا الْمُزارِعِ وَلَدٌ يَرْكَبُ دَرّاجَةً. دارَ الْوَلَدُ عَلى دَرّاجَتِهِ عِدَّةَ دَوْراتٍ في الْحَديقَةِ وَحَوْلَ الْمُزارِعِ الَّذي يُحاوِلُ أَنْ يَقْتَلِعَ الْجِذْعَ، فَأَصْبَحَ الْوَلَدُ عَلى بُعْدِ ١٥ مِتْرًا مِنَ الْمُزارِعِ. مَنِ الَّذي بَذَلَ جَهْدًا أَكْبَرَ؟ وَمَنِ الَّذي بَذَلَ شُغْلاً؟

مِنَ الْواضِحِ أَنَّ الْمُزارِعَ بَذَلَ جَهْدًا أَكْبَرَ مِنَ الْجَهْدِ الَّذي بَذَلَهُ الْوَلَدُ، لأَنَّهُ طَبَّقَ قُوَّةً أَكْبَرَ بِكَثيرٍ مِنْ قُوَّةِ الْوَلَدِ. لَكِنْ، وَبِحَسَبِ تَعْريفِ الْعُلَماءِ لِلشُّغْلِ، فَإِنَّ الْمُزارِعَ لَمْ يَبْذُلْ أَيَّ شُغْلٍ. **الشُّغْلُ** هُوَ اسْتِخْدامُ قُوَّةٍ لِتَحْريكِ جِسْمٍ مَسافَةً ما. في الْمُقابِلِ يُحَرِّكُ الْوَلَدُ نَفْسَهُ وَدَرّاجَتَهُ عَلى طولِ الْحَديقَةِ عِدَّةَ مَرّاتٍ. وَبِناءً عَلى تَعْريفِ الشُّغْلِ، فَإِنَّ الْوَلَدَ قَدْ بَذَلَ شُغْلاً، لأَنَّهُ أَصْبَحَ بَعيدًا عَنِ الْمُزارِعِ مَسافَةً ما.

✔ **ما هُوَ الشُّغْلُ؟**

يَلْزَمُ الْمِقْدارُ نَفْسُهُ مِنَ الشُّغْلِ لِرَفْعِ بيانو واحِدٍ طابِقَيْنِ، وَلِرَفْعِ بيانوَيْنِ طابِقًا واحِدًا. يُبَيِّنُ الْجَدْوَلُ التّالي مِقْدارَ الشُّغْلِ الْمَبْذولِ لِرَفْعِ الْبِيانو في وَضْعِيّاتٍ مُخْتَلِفَةٍ.

الْجِسْمُ الْمَرْفوعُ	الْقُوَّةُ اللاّزِمَةُ (وَزْنُ الْجِسْمِ)	مَسافَةُ تَحْريكِ الْجِسْمِ	الشُّغْلُ الْمَبْذولُ (الْقُوَّةُ × الْمَسافَةُ)
بِيانو	١٠٠٠ نيوتُنْ	طابِقٌ (٤ أَمْتارٍ)	١٠٠٠ × ٤ = ٤٠٠٠ جولْ
بِيانو	١٠٠٠ نيوتُنْ	طابِقانِ (٨ أَمْتارٍ)	١٠٠٠ × ٨ = ٨٠٠٠ جولْ
بِيانوانِ	٢٠٠٠ نيوتُنْ	طابِقٌ (٤ أَمْتارٍ)	٢٠٠٠ × ٤ = ٨٠٠٠ جولْ
بِيانوانِ	٢٠٠٠ نيوتُنْ	طابِقانِ (٨ أَمْتارٍ)	٢٠٠٠ × ٨ = ١٦٠٠٠ جولْ

حِسابُ الشُّغْلِ وَالْقُدْرَةِ

Calculating Work and Power

اسْتَخْدَمْتَ في النَّشاطِ السّابِقِ ميزانًا زُنْبَرَكِيًّا لِكَيْ تَقيسَ الْقُوَّةَ، وَمِسْطَرَةً مِتْرِيَّةً لِكَيْ تَقيسَ الْمَسافَةَ. ثُمَّ اسْتَخْدَمْتَ هَذَيْنِ الْقِياسَيْنِ لِكَيْ تَحْسُبَ مِقْدارَ الشُّغْلِ الْمَبْذولِ. فَلِكَيْ تَحْسُبَ مِقْدارَ الشُّغْلِ الْمَبْذولِ تَضْرِبُ الْقُوَّةَ الْمُسْتَخْدَمَةَ لِتَحْريكِ الْجِسْمِ في مَسافَةِ تَحْريكِ الْجِسْمِ. إِنَّ وَحْدَةَ قِياسِ الشُّغْلِ في النِّظامِ الْعالَمِيِّ لِلْوَحَداتِ هِيَ «الْجولُ».

يَبْذُلُ تِلْميذٌ في الصَّفِّ الْخامِسِ شُغْلاً مِقْدارُهُ حَوالَيْ ٢٠٠ جولٍ عِنْدَما يَنْهَضُ مِنْ فِراشِهِ في الصَّباحِ. وَحينَ يَقْفِزُ لاعِبُ كُرَةِ سَلَّةٍ وَزْنُهُ ١٠٠٠ نُيوتُنْ مَسافَةَ مِتْرٍ لِيَضَعَ الْكُرَةَ في السَّلَّةِ، يَبْذُلُ شُغْلاً مِقْدارُهُ ١٠٠٠ جولٍ.

١٠٠٠ نُيوتُنْ × ١ مِتْرٍ = ١٠٠٠ جولْ

يُمْكِنُ لِشَخْصٍ كَبيرٍ أَنْ يَدْفَعَ سَيّارَةً صَغيرَةً عَلى أَرْضٍ مُسَطَّحَةٍ. وَيُمْكِنُ لِمُحَرِّكِ السَّيّارَةِ أَنْ يُحَرِّكَها عَلى الطَّريقِ نَفْسِها. وَمَعَ أَنَّ الشَّخْصَ وَالْمُحَرِّكَ يُنَفِّذانِ الْمِقْدارَ نَفْسَهُ مِنَ الشُّغْلِ، فَإِنَّ الْمُحَرِّكَ يُنَفِّذُ هَذا الشُّغْلَ بِسُرْعَةٍ أَكْبَرَ مِنْ سُرْعَةِ الشَّخْصِ. فَقُدْرَةُ الْمُحَرِّكِ أَكْبَرُ مِنْ قُدْرَةِ الشَّخْصِ. **الْقُدْرَةُ** هِيَ مِقْدارُ الشُّغْلِ الْمَبْذولِ خِلالَ وَحْدَةٍ زَمَنِيَّةٍ واحِدَةٍ. إِنَّها قِياسٌ لِمَدى سُرْعَةِ بَذْلِ شَخْصٍ ما أَوْ شَيْءٍ ما لِلشُّغْلِ.

إِنَّ وَحْدَةَ قِياسِ الْقُدْرَةِ في النِّظامِ الْعالَمِيِّ لِلْوَحَداتِ هِيَ «الْواطُ». الْواطُ الْواحِدُ هُوَ بَذْلُ شُغْلِ جولٍ واحِدٍ خِلالَ ثانِيَةٍ واحِدَةٍ. فَلِرَفْعِ تُفّاحَةٍ مَسافَةَ مِتْرٍ واحِدٍ مَثَلاً، يَنْبَغي بَذْلُ شُغْلٍ يُساوي حَوالَيْ جولٍ واحِدٍ. لِرَفْعِ تُفّاحَةٍ مَسافَةَ مِتْرٍ واحِدٍ خِلالَ ثانِيَةٍ واحِدَةٍ، تَلْزَمُ قُدْرَةٌ تُساوي حَوالَيْ واطٍ واحِدٍ.

يُمْكِنُ لِمُحَرِّكِ سَيّارَةٍ أَنْ يُنْتِجَ قُدْرَةً تُساوي حَوالَيْ ١٠٠ ٠٠٠ واطْ. وَيُمْكِنُ لِراكِبَ دَرّاجَةٍ يُشارِكُ في سِباقٍ أَنْ يُنْتِجَ قُدْرَةً تُساوي حَوالَيْ ٤٠٠ واطْ، لِثَوانٍ مَعْدودَةٍ، بَيْنَما يَسْتَخْدِمُ راكِبُ الدَّرّاجَةِ الْعادِيِّ قُدْرَةً تُساوي حَوالَيْ ١٠٠ واطْ فَقَطْ خِلالَ الْمُدَّةِ نَفْسِها.

إِنَّ شَخْصًا يَزِنُ حَوالَيْ ٤٠٠ نُيوتُنْ يَبْذُلُ شُغْلاً مِقْدارُهُ حَوالَيْ ١٢٠٠ جولْ لِيَصْعَدَ دَرَجًا بِارْتِفاعِ ٣ أَمْتارٍ.

٤٠٠ نُيوتُنْ × ٣ أَمْتارٍ = ١٢٠٠ جولْ

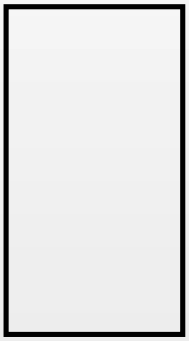
إِذا لَزِمَتْ ٣ ثَوانٍ لِصُعودِ الدَّرَجِ، تَلْزَمُ قُدْرَةٌ تُساوي حَوالَيْ ٤٠٠ واطْ.

١٢٠٠ جولْ ÷ ٣ ثَوانٍ = ٤٠٠ واطْ

✔ **أَيُّهُما بِحاجَةٍ إِلى قُدْرَةٍ أَكْبَرَ: صُعودُ الدَّرَجِ مَشْيًا أَمْ رَكْضًا؟ أَوْضِحْ ذَلِكَ.**

الآلاتُ الْبَسيطَةُ وَالشُّغْلُ Simple Machines and Work

يَبْذُلُ الْعُمّالُ مِقْدارًا كَبيرًا مِنَ الشُّغْلِ لِرَفْعِ الْبيانو. لَكِنْ يُمْكِنُهُمْ جَعْلَ هَذِهِ الْمَهَمَّةِ أَسْهَلَ إِذا اسْتَخْدَموا آلَةً بَسيطَةً. الآلَةُ الْبَسيطَةُ شَيْءٌ يَجْعَلُ الْمُهِمَّةَ أَسْهَلَ بِتَغْيِيرِ مِقْدارِ الْقُوَّةِ أَوِ اتِّجاهِها، أَوْ تَغْيِيرِ مَسافَةِ عَمَلِ الْقُوَّةِ. الآلَةُ الْبَسيطَةُ لا تُغَيِّرُ مِقْدارَ الشُّغْلِ الْمَبْذولِ، لَكِنَّها تُسَهِّلُ الْمَهَمَّةَ بِأَنْ تَزيدَ الْمَسافَةَ وَتَنْقُصَ الْقُوَّةَ الْمَبْذولَةَ، أَوْ تُغَيِّرَ اتِّجاهَ الْقُوَّةِ فَلا تَزيدُها وَلا تُنْقِصُها. تَكونُ الْقُوَّةُ النّاتِجَةُ مِنَ الآلَةِ الْبَسيطَةِ أَكْبَرَ مِنَ الْقُوَّةِ الْمَبْذولَةِ. توجَدُ عِدَّةُ أَنْواعٍ مِنَ الآلاتِ الْبَسيطَةِ، مِنْها الْبَكَرَةُ وَالسَّطْحُ الْمائِلُ.



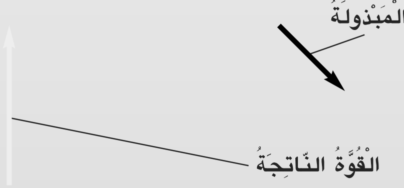
الْبَكَرَةُ الثّابِتَةُ لا تُغَيِّرُ مِقْدارَ الْقُوَّةِ أَوِ الْمَسافَةِ.

تَتَكَوَّنُ الْبَكَرَةُ مِنْ حَبْلٍ أَوْ سِلْسِلَةٍ مَعْدِنِيَّةٍ تَلْتَفُّ حَوْلَ دولابٍ. حينَ تَشُدُّ أَحَدَ طَرَفَيِ الْحَبْلِ أَوِ السِّلْسِلَةِ إِلى أَسْفَلَ يَدورُ الدّولابُ وَيَرْتَفِعُ الطَّرَفُ الثّاني لِلْحَبْلِ. «الْبَكَرَةُ الثّابِتَةُ» هِيَ الَّتي تَدورُ في مَكانِها. الْبَكَرَةُ الثّابِتَةُ لا تُنْقِصُ الْقُوَّةَ الْمُسْتَخْدَمَةَ، وَلا تَزيدُ الْمَسافَةَ، بَلْ تُغَيِّرُ اتِّجاهَ الْقُوَّةِ. هُناكَ نَوْعٌ آخَرُ مِنَ الْبَكَراتِ هُوَ «الْبَكَرَةُ الْمُتَحَرِّكَةُ»، لِأَنَّها تَتَحَرَّكُ إِلى أَعْلى أَوْ إِلى أَسْفَلَ، وَهْيَ تَدورُ. فَحينَ تَشُدُّ طَرَفَ الْحَبْلِ تَرْتَفِعُ الْبَكَرَةُ الْمُتَحَرِّكَةُ وَالْجِسْمُ الْمُعَلَّقُ بِها.

لا تُغَيِّرُ الْبَكَرَةُ الْمُتَحَرِّكَةُ اتِّجاهَ الْقُوَّةِ الْمَبْذولَةِ، بَلْ تُنْقِصُها. فَلِرَفْعِ جِهازِ بيانو يَزِنُ ١٠٠٠ نيوتِنْ بِوَساطَةِ بَكَرَةٍ ثابِتَةٍ يَنْبَغي بَذْلُ قُوَّةٍ مِقْدارُها ١٠٠٠ نيوتِنْ. وَلَدى اسْتِخْدامِ بَكَرَةٍ مُتَحَرِّكَةٍ، يَنْبَغي بَذْلُ قُوَّةٍ تُساوي نِصْفَ الْقُوَّةِ السّابِقَةِ، أَيْ ٥٠٠ نيوتِنْ. لَكِنَّ الشُّغْلَ الْمَبْذولَ يَبْقى نَفْسَهُ في الْحالَتَيْنِ. عِنْدَ رَفْعِ جِهازِ الْبيانو مَسافَةَ مِتْرٍ واحِدٍ، يَنْبَغي شَدُّ الْحَبْلِ لِمَسافَةِ مِتْرٍ واحِدٍ بِوَساطَةِ الْبَكَرَةِ الثّابِتَةِ، وَمَسافَةَ مِتْرَيْنِ بِوَساطَةِ الْبَكَرَةِ الْمُتَحَرِّكَةِ. وَالشُّغْلُ الْمَبْذولُ في الْحالَتَيْنِ يُساوي ١٠٠٠ جولْ.

١٠٠٠ نيوتِنْ × ١ مِتْر = ١٠٠٠ جولْ

٥٠٠ نيوتِنْ × ٢ مِتْر = ١٠٠٠ جولْ



في الآلَةِ الْمُكَوَّنَةِ مِنْ بَكَرَةٍ ثابِتَةٍ وَأُخْرى مُتَحَرِّكَةٍ تُساوي الْقُوَّةُ الْمَبْذولَةُ نِصْفَ الْوَزنِ (المقاومة).

السَّطْحُ الْمائِلُ هُوَ مُسَطَّحٌ مُنْبَسِطٌ لَهُ طَرَفٌ أَعْلى مِنَ الطَّرَفِ الآخَرِ. يُخَفِّضُ السَّطْحُ الْمائِلُ مِقْدارَ الْقُوَّةِ الَّتي يَنْبَغي بَذْلُها، وَيَزيدُ الْمَسافَةَ. فَلِكَيْ تَرْفَعَ صُنْدوقًا إِلى ارْتِفاعٍ مُعَيَّنٍ، تَدْفَعُ الصُّنْدوقَ عَلى سَطْحٍ مائِلٍ بِقُوَّةٍ مُوازِيَةٍ لِهَذا الْمُسَطَّحِ. وَتَكونُ قُوَّةُ الدَّفْعِ أَقَلَّ مِنَ الْقُوَّةِ اللّازِمَةِ لِرَفْعِ الصُّنْدوقِ بِشَكْلٍ مُباشِرٍ. لَكِنْ يَنْبَغي أَنْ تَدْفَعَ الصُّنْدوقَ عَلى طولِ السَّطْحِ لِمَسافَةٍ أَكْبَرَ مِنَ الْمَسافَةِ الَّتي ارْتَفَعَها الصُّنْدوقُ.

يُخَفِّضُ السَّطْحُ الْمائِلُ مِقْدارَ الْقُوَّةِ اللّازِمَةِ لِرَفْعِ الصُّنْدوقِ.

مُلَخَّصٌ Summary

الشُّغْلُ هُوَ حاصِلُ ضَرْبِ الْقُوَّةِ الْمُطَبَّقَةِ عَلى جِسْمٍ في الْمَسافَةِ الَّتي يَتَحَرَّكُها هَذا الْجِسْمُ. يُقاسُ الشُّغْلُ بِوَحْدَةِ الْجول. الْقُدْرَةُ قِياسٌ لِسُرْعَةِ بَذْلِ الشُّغْلِ. تُقاسُ الْقُدْرَةُ بِوَحْدَةِ الْواط.

مُراجَعَةٌ Review

١. ما مِقْدارُ الشُّغْلِ الَّذي تَبْذُلُهُ حينَ تَرْفَعُ جِسْمًا يَزِنُ ٢٠ نيوتُنْ ١٠ أَمْتارٍ؟

٢. أَيُّهُما يَدُلُّ عَلى سُرْعَةٍ: الشُّغْلُ أَمِ الْقُدْرَةُ؟

٣. انْظُرْ في الْجَدْوَلِ الْوارِدِ عَلى الصَّفْحَةِ ٢٦٤. ما مِقْدارُ الْقُدْرَةِ اللاّزِمَةِ لِرَفْعِ بِيانو واحِدٍ طابِقًا واحِدًا خِلالَ ١٠ ثَوانٍ؟

٤. **تَفْكيرٌ ناقِدٌ** صَعَدَ ريبازٌ وَوالِدُهُ الدَّرَجَ إِلى سَطْحِ الْبَيْتِ جَنْبًا إِلى جَنْبٍ. قُدْرَةُ أَيٍّ مِنْهُما كانَتِ الأَكْبَرَ؟

٥. **اسْتِعْدادٌ لِلاخْتِبارِ** الْقُدْرَةُ اللاّزِمَةُ لِبَذْلِ شُغْلٍ يَساوي ١٠ جولْ خِلالَ ثانِيَةٍ واحِدَةٍ هِيَ ــــــ.

أ ١ واطْ

ب ١٠ واطْ

ج ١٠٠ واطْ

د ١٠٠٠ واطْ

ضَرْبُ الأَعْدادِ العُشْرِيَّةِ

يَرْتَفِعُ مَبْنًى حوالَيْ ١٥٠ مِتْرًا فَوْقَ سَطْحِ الأَرْضِ. تَشُدُّ جاذِبِيَّةُ الأَرْضِ كُلَّ كيلوجْرامٍ مِنْ كُتْلَةِ جِسْمِكَ بِقُوَّةٍ تُساوي حَوالَيْ ١٠ نُيوتُنْ. احْسُبْ مِقْدارَ الشُّغْلِ الَّذي يَنْبَغي أَنْ تَبْذُلَهُ لِكَيْ تَصْعَدَ إِلى سَطْحِ هَذا الْمَبْنى عَبْرَ السُّلَّمِ. ما مِقْدارُ الْقُدْرَةِ الَّتي يَنْبَغي أَنْ تَسْتَخْدِمَها لِتَصْعَدَ السُّلَّمَ خِلالَ ٥ دَقائِقَ؟

مُقارَنَةٌ

اكْتُبْ تَعْريفَيِّ «الشُّغْلِ» وَ «الْقُدْرَةِ» كَما تَعَلَّمْتَهُما في الدَّرْسِ. اسْتَخْدِمْ كُلَّ مُفْرَدَةٍ في جُمْلَةٍ توضِحُ مَعْناها. بَعْدَ ذَلِكَ ابْحَثْ عَنِ الْمَعْنى الشّائِعِ لِهاتَيْنِ الْمُفْرَدَتَيْنِ في مُعْجَمٍ. اكْتُبْ مَقْطَعًا لِكُلِّ مُفْرَدَةٍ تُقارِنُ فيهِ الْمَعْنى الشّائِعَ لَها في الْحَياةِ الْيَوْمِيَّةِ وَمَعْناها الْعِلْمِيَّ. بَعْدَ ذَلِكَ اقْرَأِ الْمَقْطَعَ عَلى أَفْرادِ أُسْرَتِكَ.

الْفَصْلُ

مُراجَعَةٌ وَاسْتِعْدادٌ لِلاِخْتِبارِ
Review and Test Preparation

مُراجَعَةُ الْمُفْرَداتِ Vocabulary Review

اسْتَخْدِمِ الْمُفْرَداتِ الْوارِدَةَ أَدْناهُ لإِكْمالِ الْجُمَلِ مِنْ ١ إلى ٩. رَقْمُ الصَّفْحَةِ الْمُسَجَّلُ بَيْنَ ( ) يَدُلُّكَ عَلى مَكانِ وُرودِ الْمَعْلوماتِ، الَّتي قَدْ تَحْتاجُ إِلَيْها، في الْفَصْلِ.

الْقُوَّة (٢٥٢) | **الْقُوى غَيْر الْمُتَّزِنَة (٢٥٩)**
الاحْتِكاك (٢٥٢) | **مُحَصِّلَة الْقُوى (٢٦٠)**
الْمَغْناطيسِيَّة (٢٥٣) | **الشُّغْل (٢٦٤)**
الْجاذِبِيَّة (٢٥٤) | **الْقُدْرَة (٢٦٥)**
الْقُوى الْمُتَّزِنَة (٢٥٨)

١. ______ هِيَ دَفْعٌ أَوْ شَدٌّ، وَيُمْكِنُها أَنْ تَجْعَلَ جِسْمًا يَتَوَقَّفُ عَنِ الْحَرَكَةِ، أَوْ تَزيدُ سُرْعَتُهُ، أَوْ تَنْخَفِضُ، أَوْ يَتَغَيَّرُ اتِّجاهُ حَرَكَتِهِ.

٢. قُوَّةُ ______ تَجْذِبُ الأَجْسامَ بَعْضَها إلى بَعْضٍ.

٣. حينَ تَتَغَيَّرُ حَرَكَةُ جِسْمٍ تَعْرِفُ أَنَّ الْقُوى الْمُؤَثِّرَةَ فيهِ هِيَ ______.

٤. تَبْذُلُ قُوَّةٌ مُطَبَّقَةٌ عَلى جِسْمٍ ______، فَقَطْ حينَ يَتَحَرَّكُ الْجِسْمُ.

٥. تُؤَثِّرُ ______ في جِسْمٍ مِنْ دونِ أَنْ تُسَبِّبَ تَغْييرًا في حَرَكَةِ الْجِسْمِ.

٦. الْواطُ وَحْدَةُ ______، الَّتي تُمَثِّلُ قِياسًا لِسُرْعَةِ بَذْلِ الشُّغْلِ.

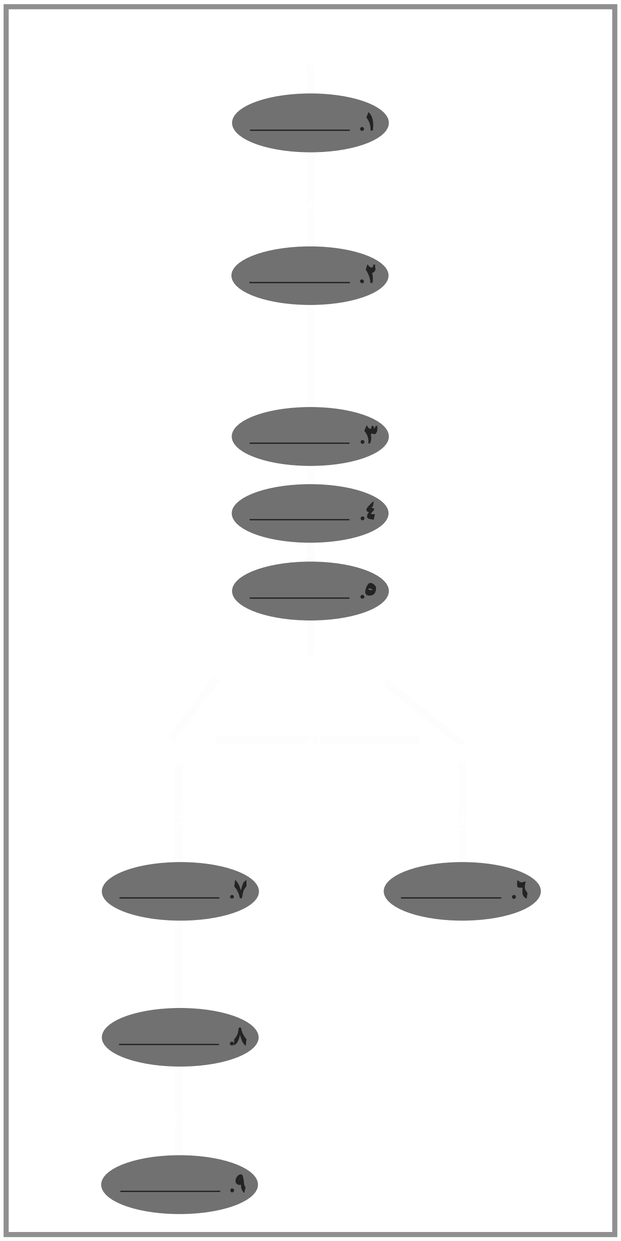
٧. ______ قُوَّةُ التَّجاذُبِ بَيْنَ مَغانِطَ وَأَجْسامٍ مَغْنَطيسِيَّةٍ.

٨. حينَ تَزْلِقُ جِسْمًا عَلى آخَرَ، تُؤَثِّرُ قُوَّةُ ______ في الاتِّجاهِ الْمُعاكِسِ.

٩. جَمْعُ قُوًى أَوْ طَرْحُها يُعْطي قُوَّةً مُوَحَّدَةً تُسَمّى ______.

رَبْطُ الْمَفاهيمِ Connect Concepts

اكْتُبِ الْكَلِماتِ أَوِ التَّعابيرَ الْمُناسِبَةَ لِمَلْءِ خَريطَةِ الْمَفاهيمِ التّالِيَةِ.



التَّحقُّقُ مِنَ الْفَهْمِ Check Understanding

اكْتُبْ حَرْفَ الاخْتِيارِ الْمُناسِبِ.

١. حينَ تَسْقُطُ ورقَةٌ مِنْ شَجَرَةٍ، تَكونُ الْقُوَّةُ الْمُؤَثِّرَةُ في الْوَرَقَةِ هِيَ ــــــ.

أ الاِحْتِكاكُ　　ج الْمَغْناطيسِيَّةُ
ب الْجاذِبِيَّةُ　　د قُوَّةٌ مُتَّزِنَةٌ

٢. يُمْكِنُكَ أَنْ تُطَبِّقَ قُوَّةً عَلى جِسْمٍ، لكِنَّكَ ــــــ، فَقَطْ حينَ يَتَحَرَّكُ الْجِسْمُ.

أ تَبْذُلُ جُهْدًا　　ج تَبْذُلُ شُغْلاً
ب تُحِسُّ بِالْجاذِبِيَّةِ　　د تَبْذُلُ قُدْرَةً

٣. حينَ تُؤَثِّرُ قُوَّتانِ مُتَعاكِسَتانِ عَلى جِسْمٍ فَيَتَحَرَّكُ الْجِسْمُ، تَكونُ حَرَكَةُ الْجِسْمِ في اتِّجاهِ ــــــ.

أ قُوَّةِ الاحْتِكاكِ　　ج الْمَجالِ الْمَغْناطيسِيِّ
ب الْقُوَّةِ الصُّغْرى　　د الْقُوَّةِ الْكُبْرى

٤. حينَ تَرْفَعُ صُنْدوقًا يَزِنُ ٢٠٠ نُيوتُنْ مَسافَةَ ٢ مِتْرٍ عَنِ الأَرْضِ يَكونُ مِقْدارُ الشُّغْلِ الَّذي تَبْذُلُهُ ــــــ.

أ ١٠٠ جولْ　　ج ٢٠٢ جولْ
ب ٢٠٠ جولْ　　د ٤٠٠ جولْ

تَفْكيرٌ ناقِدٌ Critical Thinking

١. افْتَرِضْ أَنَّ جِسْمًا لا يَتَحَرَّكُ. هَلْ تَسْتَنْتِجُ أَنْ لَيْسَتْ هُناكَ قُوَّةٌ تُؤَثِّرُ فيهِ؟ أَوْضِحْ ذلِكَ.

٢. لاحَقَ هِرٌّ فَأْرًا عَلى سُلَّمٍ. رَكَضَ الْفَأْرُ بِسُرْعَةٍ أَكْبَرَ مِنْ سُرْعَةِ الْهِرِّ، فَاسْتَطاعَ أَنْ يَهْرُبَ. هَلْ تَسْتَنْتِجُ أَنَّ الْفَأْرَ كانَ أَكْثَرَ قُدْرَةً مِنْ الْهِرِّ؟ أَوْضِحْ ذلِكَ.

مُراجَعَةُ مَهاراتِ عَمَلِيّاتِ الْعِلْمِ Process Skills Review

١. **قارِنْ** قُوَّتَيِ الْجاذِبِيَّةِ وَالْمَغْناطيسِيَّةِ.

٢. **ضَعْ فَرَضِيَّةً** تُبَيِّنُ أَيْنَ يكونُ وَزْنُكَ أَكْبَرَ: عَلى قِمَّةِ جَبَلِ قنديل أَمْ عَلى شاطِئِ الْبَحْرِ.

٣. يُظْهِرُ رَسْمُ خَطٍّ بَيانِيٍّ سُرْعَةَ سَيّارَةٍ خِلالَ سِباقٍ قَصيرٍ. يُبَيِّنُ الْمِحْوَرُ الأُفُقِيُّ الزَّمَنَ، وَيُبَيِّنُ الْمِحْوَرُ الْعَمودِيُّ السُّرْعَةَ. كَيْفَ **تُفَسِّرُ الْبَياناتِ** لِتُحَدِّدَ النِّقاطَ الَّتي طَبَّقَتْ فيها الْمَكابِحُ أَكْبَرَ قُوَّةٍ عَلى عَجَلاتِ السَّيّارَةِ؟

٤. تَسَلَّقَ جواميرُ وَشانازُ مَعًا قِمَّةَ جَبَلٍ. يَزِنُ جوامير ١٢٠ نُيوتُنْ أَكْثَرَ مِنْ شانازِ. ماذا **تَسْتَنْتِجُ** حَوْلَ الَّذي بَذَلَ شُغْلاً أَكْبَرَ؟

تَقْويمُ الأَداءِ Performonce Assessment

قُوًى تَعْمَلُ

ازْلِقْ حَجَرَ طوبٍ إِلى أَسْفَلِ سَطْحٍ مائِلٍ. حَلِّلِ الْقُوى الَّتي تُؤَثِّرُ في حَجَرِ الطّوبِ وَهْوَ يَنْزَلِقُ، وَبَعْدَ أَنْ يَتَوَقَّفَ عِنْدَ أَسْفَلِ الْمُنْحَدَرِ. ضَمِّنْ تَحْليلَكَ أَكْبَرَ قَدْرٍ مِنَ التَّفاصيلِ الْمُمْكِنَةِ عَنِ الْقُوى وَالشُّغْلِ الَّذي تَبْذُلُهُ. يُمْكِنُكَ أَنْ تَرْسُمَ شَكْلاً يُساعِدُكَ عَلى التَّواصُلِ حَوْلَ ما وَجَدْتَهُ.

الْمُفْرَداتُ

الْمَوْقِعُ
السُّرْعَةُ
التَّسارُعُ
كَمِّيَّةُ الْحَرَكَةِ
الْقُصورُ الذّاتِيُّ
قُوَّةُ الْفِعْلِ
قُوَّةُ رَدِّ الْفِعْلِ

تَتَحَرَّكُ الشَّمْسُ في الْفَضاءِ بِسُرْعَةِ ٤٦٢ ٨٩٩ كيلومِتْر/ساعَة. في الْوَقْتِ نَفْسِهِ تَدورُ الأَرْضُ حَوْلَ الشَّمْسِ بِسُرْعَةِ ٢٤٠ ١٠٧ كيلومِتْر/ساعَة تَقْريبًا. يُبَيِّنُ الْجَدْوَلُ التّالي سُرْعَةَ كَواكِبَ أُخْرى عَلى مَداراتِها حَوْلَ الشَّمْسِ.

ما سرعته؟

الْكَوْكَبُ	السُّرْعَةُ (كم/سا)
عُطارِدُ	١٧٢ ٣٢٤
الزُّهَرَةُ	١٢٦ ٠٤٣
الْمُشْتَري	٤٧ ٠٣٤
بْلوتو	١٧ ٠٨٨

إذا أُطْلِقَتْ رَصاصَةٌ مِنْ مُسَدَّسٍ في اتِّجاهٍ أُفُقِيٍّ، وَإذا أُفْلِتَتْ مِنَ الاِرْتِفاعِ نَفْسِهِ وَفي اللَّحْظَةِ نَفْسِها رَصاصَةٌ أُخْرى، تَصْطَدِمُ الرَّصاصَتانِ بِالأَرْضِ في اللَّحْظَةِ نَفْسِها. قُوَّةُ الْجاذِبِيَّةِ الَّتي تَشُدُّ الرَّصاصَتَيْنِ هِيَ نَفْسُها.

تَطْفو الْحَوّامَةُ الْمائِيَّةُ عَلى وِسادَةٍ هَوائِيَّةٍ، فَتَنْعَدِمُ قُوَّةُ الاِحْتِكاكِ. الطَّريقَةُ الْوَحيدَةُ لإيقافِها هِيَ إطْفاءُ الْمُحَرِّكِ، أَوْ تَرْكُها تَتَحَرَّكُ عَلى شَيْءٍ ما.

الدَّرْسُ

كَيْفَ تَرْتَبِطُ الْحَرَكَةُ بِالسُّرْعَةِ؟

How Are motion and Speed Related?

في هَذا الدَّرْسِ سَوْفَ ...

تَبْحَثُ
تأْثيراتِ تغيُّراتٍ في الْحَرَكَةِ.

تَتَعَلَّمُ
عَنِ السُّرْعَةِ وَالتَّسارُعِ وَكَمِّيَّةِ الْحَرَكَةِ.

تَرْبِطُ الْعُلومَ
بِالرِّياضِيّاتِ وَالدِّراساتِ الاِجْتِماعِيَّةِ.

الْفَهْدُ أَسْرَعُ حَيَواناتِ الْيابِسَةِ. وَبِخِلافِ مُعْظَمِ الْحَيَواناتِ، يَسْتَطيعُ أَنْ يُغَيِّرَ اتِّجاهَ حَرَكَتِهِ وَهُوَ يَجْري بِأَقْصى سُرْعَتِهِ. ▼

تغيُّراتٌ في الْحَرَكَةِ
Changes In Motion

هَدَفُ النَّشاطِ Activity Purpose هَلْ سَبَقَ أَنْ بَقيتَ واقِفًا في حافِلَةٍ تَسيرُ؟ مِنَ الصَّعْبِ أَنْ تَبْقى مُتَوازِنًا حينَ تَنْطَلِقُ الْحافِلَةُ، أَوْ تَتَوَقَّفُ، أَوْ تَزيدُ سُرْعَتُها، أَوْ تَتَباطَأُ، أَوْ تَنْعَطِفُ. عِنْدَما تَكونُ واقِفًا في حافِلَةٍ مُتَحَرِّكَةٍ، يُحِسُّ جِسْمُكَ بِتَغَيُّراتٍ في الاِتِّجاهِ وَالسُّرْعَةِ. في هَذا النَّشاطِ سَوْفَ تَصْنَعُ جِهازًا وَتَسْتَخْدِمُهُ لِيُساعِدَكَ عَلى أَنْ **تُلاحِظَ** تَغَيُّراتٍ في الْحَرَكَةِ.

الْمَوادُّ Materials

- قِنّينَةٌ بِلاسْتيكِيَّةٌ شَفّافَةٌ بِسِدادَةٍ
- ماءٌ
- قِطْعَةُ صابونٍ صَغيرَةٌ

خُطُواتُ النَّشاطِ Activity Procedure

١ امْلأْ كامِلَ الْقِنّينَةِ تَقْريبًا بِالْماءِ. دَعْ فَراغًا يَكْفي لِفُقّاعَةِ هَواءٍ صَغيرَةٍ. ضَعْ قِطْعَةَ الصّابونِ في الْماءِ. هَذا سَيَمْنَعُ فُقّاعَةَ الصّابونِ أَنْ تَلْتَصِقَ بِجَوانِبِ الْقِنّينَةِ. أَغْلِقِ الْقِنّينَةَ بِالسِّدادَةِ إِغْلاقًا مُحْكَمًا.

٢ ضَعِ الْقِنّينَةَ عَلى جانِبِها عَلى سَطْحٍ مُسْتَوٍ. يَنْبَغي أَنْ تَرى فُقّاعَةَ هَواءٍ صَغيرَةً واحِدَةً في الْقِنّينَةِ. أَمْسِكْ بِالْقِنّينَةِ بِثَباتٍ، حَتّى تَتَحَرَّكَ الْفُقّاعَةُ إِلى مَرْكَزِ الْقِنّينَةِ، وَتَبْقى هُناكَ. (الصّورَةُ أ)

٣ **تَوَقَّعْ** ما سَيَحْصُلُ لِفُقّاعَةِ الْهَواءِ إِذا أَدَرْتَ الْقِنّينَةَ مِنَ الْيَسارِ إِلى الْيَمينِ. أَدِرِ الْقِنّينَةَ، وَ**لاحِظْ** ما يَحْصُلُ. **سَجِّلْ** ما تُلاحِظُهُ.

الصّورَةُ أ

الصّورَةُ ب

٤ **توَقَّعِ** الآنَ ما سَيَحْصُلُ لِفُقّاعَةِ الْهَواءِ إذا حَرَّكْتَ الْقِنّينَةَ إلى الأَمامِ بِسُرْعَةٍ ثابِتَةٍ. حَرِّكِ الْقِنّينَةَ وَ**لاحِظْ** ما يَحْصُلُ. **سَجِّلْ** ما تُلاحِظُهُ. (الصّورَةُ ب)

٥ كَرِّرِ الْخُطْوَةَ ٤، لكِنْ زِدْ، هَذِهِ الْمَرَّةَ، سُرْعَةَ الْقِنّينَةِ شَيْئًا فَشَيْئًا وَأَنْتَ تُحَرِّكُها. **لاحِظْ** ما يَحْصُلُ لِفُقّاعَةِ الْهَواءِ. **سَجِّلْ** ما تُلاحِظُهُ.

اسْتَنْتِجْ Draw Conclusions

١. **قارِنْ** تَوَقُّعاتِكَ وَما لاحَظْتَهُ. ماذا حَصَلَ لِفُقّاعَةِ الْهَواءِ حينَ أَدَرْتَ الْقِنّينَةَ مِنَ الْيَسارِ إلى الْيَمينِ، أَوْ حينَ حَرَّكْتَها إلى الأَمامِ بِسُرْعَةٍ ثابِتَةٍ؟

٢. بِناءً عَلى ما **لاحَظْتَهُ**، كَيْفَ أَثَّرَ تَغَيُّرُ السُّرْعَةِ في الْفُقّاعَةِ؟

٣. كَيْفَ يَعْمَلُ الْعُلَماءُ هَلْ فاجَأَكَ كَيْفَ تَحَرَّكَتْ فُقّاعَةُ الْهَواءِ؟

حينَ تُفاجِئُ النَّتائِجُ الْعُلَماءَ، **يَضَعونَ** أَحيانًا **فَرَضِيّاتٍ** حَوْلَ سَبَبِ تِلْكَ النَّتائِجِ. ضَعْ فَرَضِيَّةً حَوْلَ سَبَبِ حَرَكَةِ فُقّاعَةِ الْهَواءِ بِالطَّريقَةِ الَّتي تَحَرَّكَتْ فيها.

بَحْثٌ إضافِيٌّ ضَعْ **فَرَضِيَّةً** حَوْلَ ما سَيَحْصُلُ لِفُقّاعَةِ الْهَواءِ إذا حَرَّكْتَ الْقِنّينَةَ بِسُرْعَةٍ ثابِتَةٍ وَغَيَّرْتَ اتِّجاهَها. **خَطِّطْ تَجْرِبَةً وَنَفِّذْها** لِتَخْتَبِرَ فَرَضِيَّتَكَ.

قَدْ تُفاجَأُ أَحيانًا بِما يَحْصُلُ وَأَنْتَ تَبْحَثُ. **ضَعْ فَرَضِيَّةً** حَوْلَ أَسْبابِ النَّتائِجِ الْمُفاجِئَةِ. إذا فَعَلْتَ ذلِكَ، يَتَقَدَّمُ تَفْكيرُكَ وَيَزْدادُ فَهْمُكَ.

الْحَرَكَةُ وَالسُّرْعَةُ
Motion and Speed

تَعَرَّفْ

- الْعَلاقَةَ بَيْنَ السُّرْعَةِ وَالتَّسارُعِ وَكَمِّيَّةِ الْحَرَكَةِ
- كَيْفَ تُقاسُ السُّرْعَةُ وَالتَّسارُعُ وَكَمِّيَّةُ الْحَرَكَةِ

الْمُفْرَداتُ

الْمَوْقِعُ position
السُّرْعَةُ speed
التَّسارُعُ acceleration
كَمِّيَّةُ الْحَرَكَةِ momentum

الْمَوْقِعُ وَالْحَرَكَةُ Position and Motion

في النَّشاطِ السّابِقِ صَنَعْتَ جِهازًا سَجَّلَ تَغَيُّراتٍ في الْحَرَكَةِ. لِكَيْ تُلاحِظَ حَرَكَةً يَنْبَغي أَوَّلاً أَنْ تُحَدِّدَ مَوْقِعَ الْجِسْمِ. **الْمَوْقِعُ** هُوَ مَكانُ جِسْمٍ أَوْ مَوْضِعُهُ. إذا كانَ مَوْقِعُ الْجِسْمِ يَتَغَيَّرُ يَكونُ الْجِسْمُ مُتَحَرِّكًا. لَكِنَّ مُلاحَظَةَ الْجِسْمِ أَيَتَحَرَّكُ أَمْ لا، تَعْتَمِدُ عَلى «مَناطِ الإِسْنادِ» الَّذي تَسْتَخْدِمُهُ. هَذا يَعْني أَنْ تَكونَ قادِرًا أَنْ تُلاحِظَ الْحَرَكَةَ مُقابِلَ خَلْفِيَّةٍ غَيْرِ مُتَحَرِّكَةٍ. مَثَلاً، حينَ تَرى سَيّارَةً تَتَحَرَّكُ عَلى طَريقٍ، يَكونُ مَناطُ إِسْنادِكَ مُتَضَمِّنًا الطَّريقَ وَالْخَلْفِيَّةَ، فَهُما لا يَتَحَرَّكانِ.

توجَدُ لِبَعْضِ الأَشْياءِ الْمُتَحَرِّكَةِ عِدَّةُ مَناطاتِ إِسْنادٍ مُمْكِنَةٍ. افْتَرِضْ أَنَّ شَخْصًا يَقْرَأُ كِتابًا وَهُوَ جالِسٌ عَلى كُرْسِيٍّ. الْكِتابُ لا يَتَحَرَّكُ بِالنِّسْبَةِ إِلى هَذا الشَّخْصِ. لَكِنْ إذا كانَ الشَّخْصُ يَقْرَأُ الْكِتابَ وَهُوَ في حافِلَةٍ تَسيرُ، فَإِنَّ شَخْصًا آخَرَ واقِفًا عَلى الرَّصيفِ يَرى الْكِتابَ يَتَحَرَّكُ. لِهَذَيْنِ الشَّخْصَيْنِ مَناطا إِسْنادٍ مُخْتَلِفانِ. افْتَرِضْ أَنَّ شَخْصًا ثالِثًا كانَ يَسيرُ في الْحافِلَةِ بِاتِّجاهٍ مُعاكِسٍ لاتِّجاهِ حَرَكَتِها، فَإِنَّ هَذا الشَّخْصَ يَرى الْكِتابَ مِنْ مَناطِ إِسْنادٍ آخَرَ تَمامًا. تَعْتَمِدُ حَرَكَةُ أَيِّ جِسْمٍ عَلى حَرَكَتِكَ حينَ تُلاحِظُ هَذا الْجِسْمَ.

✔ **لِماذا تَحْتاجُ الْحَرَكَةُ إِلى مَناطِ إِسْنادٍ؟**

افْتَرِضْ أَنَّكَ تُلاحِظُ هَذِهِ الْمُتَنَزِّهَةَ. فَلِكَيْ تُقَرِّرَ أَهِيَ مُتَحَرِّكَةٌ أَمْ لا، يَنْبَغي أَنْ تُقارِنَ مَوْقِعَها عَلى الأَرْضِ في وَقْتَيْنِ مُخْتَلِفَيْنِ. ▼

تَزْدادُ سُرْعَةُ الْمُتَنَزِّهَةِ وَهِيَ تَنْزِلُ مِنْ أَعْلى التَّلَّةِ. تَتَغَيَّرُ سُرْعَتُها أَيْضًا حينَ تَصِلُ إِلى أَسْفَلِ التَّلَّةِ. تَتَغَيَّرُ سُرْعَتُها مَرَّةً أُخْرى حينَ تَبْدَأُ بِصُعودِ تَلَّةٍ أُخْرى.

التَّغَيُّرُ في الْمَسافَةِ (مِتْرٌ)	٦	١٠	٦	٨
التَّغَيُّرُ في الزَّمَنِ (ثانِيَةٌ)	١٢	٥	٩	٣٢
السُّرْعَةُ (مِتْر/ثانِيَة)	٠٫٥	٢	٠٫٦٧	٠٫٢٥

السُّرْعَةُ Speed

وَصْفُ سُرْعَةِ جِسْمٍ هُوَ الطَّريقَةُ الْمُباشَرَةُ لِوَصْفِ حَرَكَتِهِ. **السُّرْعَةُ** قِياسٌ لِلْمَسافَةِ الَّتي يَجْتازُها جِسْمٌ خِلالَ مُدَّةٍ مُعَيَّنَةٍ. افْتَرِضْ أَنَّكَ تُدَحْرِجُ كُرَةً عَلى أَرْضِ الْمَلْعَبِ. فَإِذا اجْتازَتِ الْكُرَةُ مَسافَةَ ٣ أَمْتارٍ خِلالَ ثانِيَةٍ واحِدَةٍ تَكونُ سُرْعَتُها ٣ مِتْر/ثانِيَة.

مِنَ الْمُحْتَمَلِ أَنْ تَتَغَيَّرَ سُرْعَةُ الْكُرَةِ خِلالَ 5 ثَوانٍ. تَكونُ الْكُرَةُ في الْبِدايَةِ سَريعَةً ثُمَّ لا تَلْبَثُ أَنْ تَتَباطَأَ. «السُّرْعَةُ الْمُتَوَسِّطَةُ» هِيَ الْمَسافَةُ الْكُلِّيَّةُ الَّتي يَجْتازُها جِسْمٌ مَقْسومَةً عَلى مُدَّةِ اجْتِيازِ هَذِهِ الْمَسافَةِ. إِذا تَدَحْرَجَتِ الْكُرَةُ مَسافَةَ ١٠ أَمْتارٍ خِلالَ 5 ثَوانٍ، فَتُحْسَبُ سُرْعَتُها الْمُتَوَسِّطَةُ كَالتّالي:

١٠ أَمْتارٍ ÷ ٥ ثَوانٍ = ٢ مِتْر/ثانِيَة

حينَ تَسيرُ سَيّارَتانِ بِالسُّرْعَةِ نَفْسِها بِاتِّجاهِ الشَّرْقِ، مَثَلاً، فَإِنَّ السَّيّارَتَيْنِ تَتَحَرَّكانِ الْحَرَكَةَ نَفْسَها. لَكِنْ إِذا تَحَرَّكَتْ سَيّارَةٌ بِاتِّجاهِ الشَّرْقِ وَالأُخْرى بِاتِّجاهِ الْغَرْبِ وَبِالسُّرْعَةِ نَفْسِها، تَكونُ الْحَرَكَتانِ مُخْتَلِفَتَيْنِ. لِذَلِكَ، حينَ تَصِفُ الْحَرَكَةَ بِوَساطَةِ السُّرْعَةِ، يَنْبَغي أَنْ تُحَدِّدَ اتِّجاهَ هَذِهِ السُّرْعَةِ.

التَّسارُعُ Acceleration

حينَ يَبْدَأُ جِسْمٌ حَرَكَةً، أَوْ يَتَوَقَّفُ عَنِ الْحَرَكَةِ، أَوْ يَزيدُ سُرْعَتَهُ أَو يُخَفِّضُها، أَوْ يَنْعَطِفُ إِلى الْيَسارِ أَوْ إِلى الْيَمينِ، يَتَغَيَّرُ مِقْدارُ سُرْعَتِهِ أَو اتِّجاهُها. **التَّسارُعُ** هُوَ كُلُّ تَغَيُّرٍ في مِقْدارِ السُّرْعَةِ أَوْ في اتِّجاهِها خِلالَ زَمَنٍ ما.

افْتَرِضْ أَنَّكَ تَرْكَبُ دَرّاجَةً. حينَ تَبْدَأُ بِالتَّدْويسِ، فَأَنْتَ تَتَسارَعُ. وَحينَ تَزْدادُ سُرْعَتُكَ وَأَنْتَ تَنْحَدِرُ فَأَنْتَ تَتَسارَعُ أَيْضًا. وَحينَ تَتَباطَأُ وَأَنْتَ تَصْعَدُ تَلَّةً، فَأَنْتَ تَتَسارَعُ. انْخِفاضُ السُّرْعَةِ يُسَمّى أَيْضًا «التَّباطُؤَ». حينَ تَنْعَطِفُ عِنْدَ زاوِيَةٍ، فَأَنْتَ تَتَسارَعُ، لِأَنَّكَ تُغَيِّرُ اتِّجاهَ سُرْعَتِكَ. وَحينَ تَتَوَقَّفُ في النِّهايَةِ، فَأَنْتَ تَتَسارَعُ، لِأَنَّ سُرْعَتَكَ تَغَيَّرَتْ مَرَّةً أُخْرى. أَنْتَ لا تَتَسارَعُ، حينَ تَسيرُ في خَطٍّ مُسْتَقيمٍ وَبِسُرْعَةٍ ثابِتَةٍ.

✔ **إِذا كانَتْ سَيّارَةٌ تَتَحَرَّكُ عَلى مُنْعَطَفٍ بِسُرْعَةٍ ثابِتَةٍ، فَهَلْ هِيَ تَتَسارَعُ؟ أَوْضِحْ ذَلِكَ.**

▲ يَتَحَرَّكُ راكِبو الدَّرّاجَةِ عَلى مُنْعَطَفٍ، إِنَّهُمْ يَتَسارَعونَ، لِأَنَّ اتِّجاهَ سُرْعَتِهِمْ يَتَغَيَّرُ.

كَمِّيَّةُ الْحَرَكَةِ Momentum

حينَ تَصْطَدِمُ سَيّارَةٌ بِأُخْرى، تَتَوَقَّفُ على الْفَوْرِ في مُعْظَمِ الأَحْيانِ. وَمِنْ دونِ أَحْزِمَةِ الأَمانِ أَوْ أَكياسِ الْهَواءِ، قَدْ يُصابُ الرُّكّابُ بِأَذًى بَليغٍ. يوقِفُ حِزامُ الأَمانِ أَوْ كيسُ الْهَواءِ شَخْصًا لَدَيْهِ كَمِّيَّةُ حَرَكَةٍ كَبيرَةٌ. **كَمِّيَّةُ الْحَرَكَةِ** هِيَ قِياسٌ لِمَدى صُعوبَةِ إِبْطاءِ جِسْمٍ أَوْ إيقافِهِ عَنِ الْحَرَكَةِ. وَهْيَ تُساوي حاصِلَ ضَرْبِ سُرْعَةِ الْجِسْمِ بِكُتْلَتِهِ.

إذا كانَ جِسْمانِ يَتَحَرَّكانِ بِالسُّرْعَةِ نَفْسِها تَكونُ لِلْجِسْمِ الأَكْبَرِ كُتْلَةً كَمِّيَّةُ الْحَرَكَةِ الْكُبْرى. ما الأَصْعَبُ: إيقافُ شاحِنَةٍ–لُعْبَةٍ سُرْعَتُها ٢٠ كيلومِتْر/ساعَة، أَمْ إيقافُ شاحِنَةٍ حَقيقِيَّةٍ تَسيرُ بِالسُّرْعَةِ نَفْسِها؟ لا شَكَّ أَنَّ إيقافَ الشّاحِنَةِ الْحَقيقِيَّةِ هُوَ الأَصْعَبُ، لأَنَّ كُتْلَتَها الْكَبيرَةَ تُعْطيها كَمِّيَّةَ حَرَكَةٍ كَبيرَةً.

إذا كانَ لِجِسْمَيْنِ الْكُتْلَةُ نَفْسُها، تَكونُ لِلْجِسْمِ الأَكْبَرِ سُرْعَةً كَمِّيَّةُ الْحَرَكَةِ الْكُبْرى. ما الأَصْعَبُ: إيقافُ كُرَةِ قَدَمٍ رُمِيَتْ بِالْيَدِ، أَمْ كُرَةُ قَدَمٍ رَكَلَها لاعِبٌ مُهاجِمٌ؟

يُسَبِّبُ تَصادُمُ السَّيّاراتِ الْمُسْرِعَةِ أَضْرارًا أَكْثَرَ مِنْ تَصادُمِ السَّيّاراتِ غيرِ الْمُسْرِعَةِ، لأَنَّ السُّرْعَةَ الْكَبيرَةَ تُنْتِجُ كَمِّيَّةَ حَرَكَةٍ كَبيرَةً. فَالسُّرْعَةُ قَدْ تَمْنَحُ الأَجْسامَ الصَّغيرَةَ كَمِّيَّةَ حَرَكَةٍ كَبيرَةً جِدًّا. الرَّصاصَةُ الْمُنْطَلِقَةُ مِنْ مُسَدَّسٍ خَطِرَةٌ جِدًّا، لأَنَّ سُرْعَتَها كَبيرَةٌ.

✔ **أَيُّهُما لَهُ كَمِّيَّةُ حَرَكَةٍ أَكْبَرُ: سَيّارَةٌ كَبيرَةٌ تَسيرُ بِسُرْعَةِ ١٠٠ كيلومِتْر/ساعَة، أَمْ سَيّارَةٌ صَغيرَةٌ تَسيرُ بِالسُّرْعَةِ نَفْسِها؟**

أَحْيانًا نُلاحِظُ، حينَ تَصْطَدِمُ كُرَةٌ زُجاجِيَّةٌ مُتَحَرِّكَةٌ بِأُخْرى مُماثِلَةٍ لَها وَساكِنَةٍ، أَنَّ الْكُرَةَ الْمُتَحَرِّكَةَ تَتَوَقَّفُ وَالْكُرَةَ السّاكِنَةَ تَتَحَرَّكُ. لَقَدِ انْتَقَلَتْ كَمِّيَّةُ الْحَرَكَةِ مِنَ الْكُرَةِ الْمُتَحَرِّكَةِ إلى الْكُرَةِ السّاكِنَةِ. حينَ يُطَبِّقُ جِسْمٌ قُوَّةً على جِسْمٍ آخَرَ، تَبْقى كَمِّيَّةُ الْحَرَكَةِ لِلْجِسْمَيْنِ هِيَ نَفْسُها وَلا تَتَغَيَّرُ. يُسَمّي الْعُلَماءُ ذلِكَ «حِفْظَ كَمِّيَّةِ الْحَرَكَةِ». لَقَدْ تَوَقَّفَتِ الْكُرَةُ الأُولى، لأَنَّ كُلَّ كَمِّيَّةِ حَرَكَتِها قَدِ انْتَقَلَتْ إلى الْكُرَةِ الثّانِيَةِ.

مِنَ الصَّعْبِ إيقافُ سَفينَةٍ كَبيرَةٍ أَوْ إدارَتُها، بِسَبَبِ كَمِّيَّةِ حَرَكَتِها. يُمْكِنُ لِلزَّوْرَقِ أَنْ يَتَحَرَّكَ بِسُرْعَةٍ أَكْبَرَ، إلاّ أَنَّ كُتْلَتَهُ أَصْغَرُ بِكَثيرٍ. وَهكَذا تَكونُ كَمِّيَّةُ حَرَكَتِهِ أَصْغَرَ بِكَثيرٍ مِنْ كَمِّيَّةِ حَرَكَةِ السَّفينَةِ. لِذلِكَ يَسْهُلُ إيقافُهُ، أَوْ إدارَتُهُ.

مُلَخَّصٌ Summary

الْحَرَكَةُ تَغَيُّرٌ في مَوْقِعِ جِسْمٍ. السُّرْعَةُ قِياسٌ لِلْمَسافَةِ الَّتي يَجْتازُها جِسْمٌ خِلالَ فَتْرَةٍ زَمَنِيَّةٍ مُعَيَّنَةٍ. لِلسُّرْعَةِ اتِّجاهٌ هُوَ اتِّجاهُ الْحَرَكَةِ. التَّسارُعُ تَغَيُّرٌ في السُّرْعَةِ أَوْ في اتِّجاهِها. كَمِّيَّةُ الْحَرَكَةِ قِياسٌ لِصُعوبَةِ إِبْطاءِ حَرَكَةِ جِسْمٍ أَوْ إيقافِهِ. وَتُساوي ناتِجَ ضَرْبِ سُرْعَةِ الْجِسْمِ بِكُتْلَتِهِ.

مُراجَعَةٌ Review

١. تَحَرَّكَ قارِبانِ شِراعِيّانِ خِلالَ الْمُدَّةِ الزَّمَنِيَّةِ نَفْسِها. كانَ الْقارِبُ الأَوَّلُ أَسْرَعَ مِنَ الْقارِبِ الثّاني. أَيُّ قارِبٍ مِنْهُما اجْتازَ الْمَسافَةَ الْكُبْرى؟

٢. ما هِيَ السُّرْعَةُ الْمُتَوَسِّطَةُ؟

٣. زادَتْ سُرْعَةُ سَيّارَةٍ، ثُمَّ انْخَفَضَتْ، وَبَعْدَ ذَلِكَ تَغَيَّرَ اتِّجاهُها. أَيُّ كانَ مِثالاً عَلى التَّسارُعِ؟

٤. تَفْكيرٌ ناقِدٌ اسْتَخْدِمْ فِكْرَةَ كَمِّيَّةِ الْحَرَكَةِ، لِتُوضِحَ لِماذا يَخْتارُ مُدَرِّبُ فَريقٍ في رِياضَةِ الرِّكْبي لاعِبًا ضَخْمًا وَسَريعًا، لِيَحْمِلَ الْكُرَةَ، وَيَجْري بِها، فَلا يَسْتَطيعُ لاعِبو الْفَريقِ الثّاني الإِمْساكَ بِهِ وَمَنْعَهُ مِنْ تَسْجيلِ هَدَفٍ.

٥. اسْتِعْدادٌ لِلاخْتِبارِ حينَ تُلاحِظُ تَغَيُّرًا في سُرْعَةِ جِسْمٍ أَوْ في اتِّجاهِها تُلاحِظُ ______.

أ مَناطَ الإِسْنادِ ج مُتَوَسِّطَ السُّرْعَةِ

ب كَمِّيَّةَ الْحَرَكَةِ د التَّسارُعَ

اسْتِخْدامُ الْمُعادَلاتِ

هَذِهِ مُعادَلَةُ السُّرْعَةِ الْمُتَوَسِّطَةِ:

السُّرْعَةُ الْمُتَوَسِّطَةُ =

الْمَسافَةَ الإِجْمالِيَّةَ ÷ الْمُدَّةِ الإِجْمالِيَّةِ

يَتَحَرَّكُ ضَوْءُ الشَّمْسِ بِسُرْعَةِ ٣٠٠ ٠٠٠ كيلومِتْر/ثانِيَة. وَتَبْعُدُ الأَرْضُ عَنِ الشَّمْسِ مَسافَةَ ١٥٠ ٠٠٠ ٠٠٠ كيلومِتْرٍ. ما الْمُدَّةُ الَّتي يَسْتَغْرِقُها ضَوْءُ الشَّمْسِ لِيَصِلَ إِلى الأَرْضِ؟

تَرْبِيَةٌ مَدَنِيَّةٌ

كَثُرَتْ حَوادِثُ الْمُرورِ في الآوِنَةِ الأَخيرَةِ. زُرْ مَرْكَزًا لِلشُّرْطَةِ، وَابْحَثْ في أَسْبابِ وُقوعِ حَوادِثِ السَّيّاراتِ وَعَلاقَتِها بِالسُّرْعَةِ الزّائِدَةِ، وَابْحَثْ عَنْ حُلولٍ لِلْحَدِّ مِنَ الْحَوادِثِ الْمُرورِيَّةِ.

الدَّرْسُ

ما الْقَوانينُ الثَّلاثَةُ لِلْحَرَكَةِ؟

What Are the Three Laws Of Motion?

في هَذا الدَّرْسِ سَوْفَ ...

تَبْحَثُ
كَيْفَ تَرْتَبِطُ كَمِّيَّةُ الْحَرَكَةِ بِالْكُتْلَةِ وَالسُّرْعَةِ.

تَتَعَلَّمُ
عَنْ قَوانينِ الْحَرَكَةِ.

تَرْبِطُ الْعُلومَ
بِالرِّياضِيّاتِ وَالْكِتابَةِ وَالصِّحَّةِ.

حينَ تَصْطَدِمُ الْكُرَةُ بِالْقَواريرِ، تَكونُ كَمِّيَّةُ الْحَرَكَةِ الَّتي تَفْقِدُها الْكُرَةُ مُساوِيَةً لِكَمِّيَّةِ الْحَرَكَةِ الَّتي تَكْسَبُها الْقَواريرُ. ◄

كَيْفَ تَرْتَبِطُ كَمِّيَّةُ الْحَرَكَةِ بِالْكُتْلَةِ وَالسُّرْعَةِ

How Mass and Speed Affect Momentum

هَدَفُ النَّشاطِ Activity Purpose تَعَلَّمْتَ في الدَّرْسِ ١ أَنَّ كَمِّيَّةَ الْحَرَكَةِ تَرْتَبِطُ بِالْكُتْلَةِ. فَالْجِسْمُ الْمُتَحَرِّكُ ذو الْكُتْلَةِ الْكَبيرَةِ تَكونُ لَهُ كَمِّيَّةُ حَرَكَةٍ كَبيرَةٌ. وَتَعَلَّمْتَ أَيْضًا أَنَّ كَمِّيَّةَ الْحَرَكَةِ تَرْتَبِطُ بِالسُّرْعَةِ. فَالْجِسْمُ ذو السُّرْعَةِ الْكَبيرَةِ تَكونُ لَهُ كَمِّيَّةُ حَرَكَةٍ كَبيرَةٌ. في هَذا النَّشاطِ سَوْفَ **تُجَرِّبُ** لِتَرى بِنَفْسِكَ كَيْفَ تُؤَثِّرُ الْكُتْلَةُ وَالسُّرْعَةُ في كَمِّيَّةِ الْحَرَكَةِ.

الْمَوادُّ Materials

- رُقْعَةُ شَطْرَنْجٍ
- سَيّارَةٌ–لُعْبَةٌ صَغيرَةٌ
- عَدَدٌ مِنَ الْكُتُبِ
- نِصْفُ دِرْهَمٍ
- مِسْطَرَةٌ مِتْرِيَّةٌ
- دِرْهَمٌ واحِدٌ

خُطُواتُ النَّشاطِ Activity Procedure

١ حَضِّرْ مُنْحَدَرًا بِوَضْعِ أَحَدِ جَوانِبِ رُقْعَةِ الشَّطْرَنْجِ عَلى كَدْسَةِ كُتُبٍ ارْتِفاعُها حَوالَيْ ١٥ سَنْتيمِتْرًا. ضَعْ كِتابًا آخَرَ كَحاجِزٍ عَلى بُعْدِ حَوالَيْ ١٠–١٥ سَنْتيمِتْرًا مِنْ أَسْفَلِ الْمُنْحَدَرِ. (الصّورَةُ أ)

٢ ضَعِ السَّيارَةَ عِنْدَ قِمَّةِ الْمُنْحَدَرِ. ضَعْ نِصْفَ الدِّرْهَمِ عَلى مُقَدِّمَةِ السَّيّارَةِ. دَعِ السَّيّارَةَ تَنْحَدِرْ إِلى أَسْفَلِ الْمُنْحَدَرِ ثُمَّ تَصْطَدِمْ بِالْحاجِزِ. **لاحِظْ** ما يَحْصُلُ لِنِصْفِ الدِّرْهَمِ. **قِسْ** مَسافَتَهُ عَنِ الْحاجِزِ وَ**سَجِّلْها**. (الصّورَةُ ب)

الصّورةُ أ

الصّورةُ ب

٣ كَرِّرِ الْخُطْوَةَ ٢ بَعْدَ وَضْعِ الدِّرْهَمِ، بَدَلاً مِنْ نِصْفِ الدِّرْهَمِ، عَلى مُقَدِّمَةِ السَّيّارَةِ. **لاحِظْ** ما يَحْصُلُ لِلدِّرْهَمِ. **قِسْ** مَسافَتَها عَنِ الْحاجِزِ وَ**سَجِّلْها**.

٤ كَرِّرِ الْخُطْوَتَيْنِ ٢ وَ ٣ عِدَّةَ مَرّاتٍ. **قِسِ** الْمَسافَةَ وَ**سَجِّلْها** في كُلِّ مُحاوَلَةٍ.

٥ **تَوَقَّعْ** كَيْفَ تَخْتَلِفُ النَّتائِجُ إذا ازْدادَ ارْتِفاعُ الْمُنْحَدَرِ. أَضِفْ كِتابًا آخَرَ إلى كَدْسَةِ الْكُتُبِ الَّتي تَسْنُدُ الْمُنْحَدَرَ، وَكَرِّرِ الْخُطْوَتَيْنِ ٢ وَ ٣ عِدَّةَ مَرّاتٍ. **قِسِ** الْمَسافَةَ وَ**سَجِّلْها** في كُلِّ مُحاوَلَةٍ.

اسْتَنْتِجْ Draw Conclusions

١. حَضِّرْ جَدْوَلاً لِكَيْ تُنَظِّمَ فيهِ بَياناتِكَ. **قارِنْ** نَتائِجَ قِطْعَتَيِّ النُّقودِ. **اسْتَدِلَّ** كَيْفَ تَرْتَبِطُ كُتْلَةُ قِطْعَةِ النُّقودِ بِالْمَسافَةِ الَّتي تَجْتازُها.

٢. ماذا حَصَلَ لِلْمَسافاتِ الَّتي تَجْتازُها كُلُّ قِطْعَةِ نُقودٍ، حينَ جَعَلْتَ الْمُنْحَدَرَ أَكْثَرَ ارْتِفاعًا؟ فَسِّرِ النَّتائِجَ.

٣. كَيْفَ يَعْمَلُ الْعُلَماءُ حينَ **يَجْمَعُ** الْعُلَماءُ **الْبَياناتِ** يُحاوِلونَ أَنْ **يُحَدِّدوا وَيَضْبُطوا الْمُتَغَيِّراتِ** أَوِ الظُّروفَ الَّتي تُغَيِّرُ النَّتائِجَ. ما الْمُتَغَيِّراتُ الَّتي ضَبَطْتَها في الْخُطْوَتَيْنِ 2 وَ 3 مِنْ هَذا النَّشاطِ؟ ما الْمُتَغَيِّرُ الَّذي اخْتَبَرْتَهُ؟

بَحْثٌ إضافِيٌّ **خَطِّطْ بَحْثًا بَسيطًا وَنَفِّذْهُ** لِكَيْ تَخْتَبِرَ عِدَّةَ طُرُقٍ تُبْقي قِطْعَةَ النُّقودِ عَلى السَّيّارَةِ بَعْدَ اصْطِدامِها بِالْحاجِزِ. اخْتَرْ بِدِقَّةٍ الْمَوادَّ الَّتي تَحْتاجُ إِلَيْها، وَنَفِّذْ عِدَّةَ مُحاوَلاتٍ لِكَيْ تَخْتَبِرَ كُلَّ طَريقَةٍ.

لِكَيْ يكونَ **جَمْعُ الْبَياناتِ** مُفيدًا، مِنَ الْمُهِمِّ **تَحْديدُ الْمُتَغَيِّراتِ وَضَبْطُها** في التَّجْرِبَةِ.

قَوانينُ نُيوتُنْ لِلْحَرَكَةِ

Newton´s Law of Motion

أَفْكارُ نُيوتُنْ Newton's Ideas

وُلِدَ إِسْحاقُ نيوتُنْ في إِنْكِلْتِرا عامَ ١٦٤٢. طَرَحَ نُيوتُنْ أَفْكارًا جَديدَةً حَوْلَ الْقُوى وَالْحَرَكَةِ. وَمَعَ مُرورِ الزَّمَنِ، وَبَعْدَ وَفاتِهِ عامَ ١٧٢٧، غَيَّرَتْ أَفْكارُهُ الطَّريقَةَ الَّتي يُلاحِظُ بِها الْعُلَماءُ الْعالَمَ الطَّبيعِيَّ.

قَبْلَ نيوتُنْ بِكَثيرٍ، قالَ الْفَيْلَسوفُ الْيونانِيُّ أَرِسْطو أَنَّ في الطَّبيعَةِ أَرْبَعَةَ «عَناصِرَ» رَئيسَةٍ هِيَ: التُّرابُ وَالْهَواءُ وَالْماءُ والنّارُ. وَأَنَّ كُلَّ شَيْءٍ يَتَكَوَّنُ مِنْ عُنْصُرٍ أَوْ أَكْثَرَ مِنْ هَذِهِ الْعَناصِرِ. وَكانَ أَرِسْطو يَرى أَنَّ كُلَّ جِسْمٍ يَميلُ إِلى أَنْ يَتَحَرَّكَ بِاتِّجاهِ أَجْسامٍ مُكَوَّنَةٍ مِنَ الْعُنْصُرِ نَفْسِهِ. فَالدُّخانُ، مَثَلاً، فيهِ هَواءٌ، فَمِنَ الطَّبيعِيِّ أَنْ يَتَصاعَدَ الدُّخانُ بِاتِّجاهِ الْهَواءِ.

كانَ عُمْرُ نيوتُنْ ٢٣ عامًا حينَ وَضَعَ الْقَوانينَ الثَّلاثَةَ الَّتي سُمِّيَتْ بِاسْمِهِ «قَوانينَ نُيوتُنْ». كانَتْ تِلْكَ الْقَوانينُ هِيَ الأُولى مِنْ نَوْعِها، حَيْثُ رَبَطَتِ الْحَرَكَةَ بِالْقُوَّةِ. فَمَثَلاً لَمْ يَقُلْ نيوتُنْ أَنَّ التُّفّاحَةَ تَسْقُطُ عَلى الأَرْضِ لأَنَّها مُكَوَّنَةٌ مِنْ تُرابٍ، بَلْ قالَ أَنَّ قُوَّةَ (الْجاذِبِيَّةِ) تَجْعَلُ الأَرْضَ وَالتُّفّاحَةَ تَتَجاذَبانِ. تَصِفُ قَوانينُ نيوتُنْ حَرَكَةَ الأَجْسامِ عَلى الأَرْضِ، وَكَذلِكَ حَرَكَةَ الْكَواكِبِ وَالأَقْمارِ.

✔ **بِحَسَبِ قَوانينِ نُيوتُنْ، لِماذا يَسْقُطُ نَيْزَكٌ عَلى الأَرْضِ؟**

تَعَرَّفْ

- كَيْفَ تُفَسِّرُ قَوانينُ نُيوتُنْ لِلْحَرَكَةِ تَأْثيراتِ الْقُوى في الأَجْسامِ

الْمُفْرَداتُ

الْقُصورُ الذّاتِيُّ inertia

قُوَّةُ الْفِعْلِ action force

قُوَّةُ رَدِّ الْفِعْلِ reaction force

قالَ نُيوتُنْ مَرَّةً إِنَّ الأَفْكارَ لَمْ تَأْتِهِ فَجْأَةً. لَقَدْ فَكَّرَ طَويلاً وَعَميقًا في الْمُشْكِلاتِ حَتّى خَرَجَ بِحُلولٍ لَها.

▲ أُطْلِقَتِ الْمَرْكَبَتانِ الْفَضائِيَّتانِ فويجِرْ ١ وَفويجِر ٢ إلى الْفَضاءِ سَنَةَ ١٩٧٠. لَقَدْ غادَرَتا نِظامَنا الشَّمْسِيَّ، وَسَوْفَ تَسْتَمِرّانِ في التَّحَرُّكِ عَبْرَ الْفَضاءِ آلافَ السِّنينَ.

الْقانونُ الأَوَّلُ لِنُيوتُنْ
The First Law of Newton

اعْتَقَدَ الْعُلَماءُ قَبْلَ عَصْرِ نُيوتُنْ أَنَّ أَيَّ جِسْمٍ مُتَحَرِّكٍ يَتَوَقَّفُ عَنِ الْحَرَكَةِ ما لَمْ يَسْتَمِرَّ بِدَفْعِهِ شَيْءٌ ما. رَأى نُيوتُنْ الأَشْياءَ بِشَكْلٍ مُخْتَلِفٍ. فَقَدْ تَوَصَّلَ إلى أَنَّ جِسْمًا مُتَحَرِّكًا يَسْتَمِرُّ في حَرَكَتِهِ وَفي خَطٍّ مُسْتَقيمٍ ما لَمْ تُؤَثِّرْ فيهِ قُوَّةٌ ما. كَما أَنَّ الْجِسْمَ السّاكِنَ يَبْقى ساكِنًا حَتّى تُؤَثِّرَ فيهِ قُوَّةٌ. شَكَّلَتْ هاتانِ الْفِكْرَتانِ الْقانونَ الأَوَّلَ لِنُيوتُنْ، وَهُوَ التّالي:

«الْجِسْمُ السّاكِنُ يَبْقى ساكِنًا، وَالْجِسْمُ الْمُتَحَرِّكُ يُتابِعُ حَرَكَتَهُ في خَطٍّ مُسْتَقيمٍ، وَبِسُرْعَةٍ ثابِتَةٍ إلى أَنْ تُؤَثِّرَ فيهِ قُوَّةٌ خارِجِيَّةٌ».

بِحَسَبِ هذا الْقانونِ تَتَوَقَّفُ عَنِ الْحَرَكَةِ كُرَةٌ تَتَدَحْرَجُ عَلى أَرْضِ الْمَلْعَبِ بِسَبَبِ قُوَّةِ احْتِكاكٍ تُؤَثِّرُ فيها. وَبِما أَنَّ الاحْتِكاكَ في الْفَضاءِ ضَعيفٌ جِدًّا، فَإِنَّ الْمَرْكَبَةَ الْفَضائِيَّةَ تُتابِعُ حَرَكَتَها بِالاتِّجاهِ نَفْسِهِ، وَإلى الأَبَدِ عَمَلِيًّا. تَتَغَيَّرُ حَرَكَتُها، فَقَطْ إذا أَثَّرَتْ فيها قُوًى مَصْدَرُها نَجْمٌ أَوْ كَوْكَبٌ قَريبٌ مِنْها.

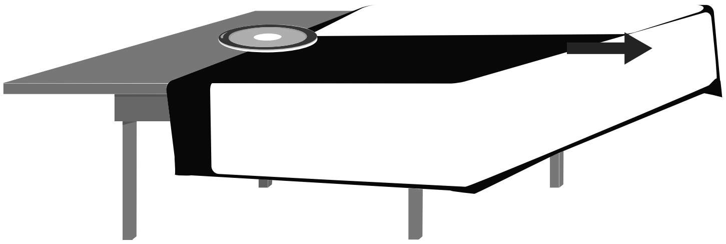
بِما أَنَّ كُتْلَةَ الْقِطارِ كَبيرَةٌ جِدًّا فَإِنَّ قُصورَهُ الذّاتِيَّ كَبيرٌ. يَلْزَمُ وَقْتٌ طَويلٌ لِكَيْ تَزْدادَ سُرْعَةُ الْقِطارِ، وَيَلْزَمُ وَقْتٌ طَويلٌ لإيقافِهِ.

يَنُصُّ الْقِسْمُ الآخَرُ مِنَ الْقانونِ عَلى أَنَّ الْجِسْمَ السّاكِنَ يَبْقى ساكِنًا. مِنَ السَّهْلِ أَنْ تَرى ذَلِكَ حينَ تَضَعُ كُرَةً عَلى سَطْحٍ أُفُقِيٍّ. فَالْكُرَةُ تَبْقى في مَكانِها، ما لَمْ تُؤَثِّرْ فيها قُوَّةٌ أَوْ يَمِلِ السَّطْحُ.

خاصِّيَّةُ الْمادَّةِ الَّتي تُبْقيها مُتَحَرِّكَةً في خَطٍّ مُسْتَقيمٍ، أَوْ ساكِنَةً، تُسَمّى **الْقُصورَ الذّاتِيَّ**. يُقاوِمُ الْقُصورُ الذّاتِيُّ لِلْجِسْمِ أَيَّ تَغَيُّرٍ في حَرَكَةِ هَذا الْجِسْمِ.

هَلْ سَبَقَ أَنْ رَأَيْتَ عامِلاً في مَطْعَمٍ يَشُدُّ غِطاءَ الْمائِدَةِ وَعَلَيْهِ أَطْباقٌ وَأَدَواتُ طَعامٍ؟ تَبْقى الأَغْراضُ في مَكانِها عَلى الطّاوِلَةِ وَالْجَميعُ مُنْدَهِشونَ. كَيْفَ تَمَّتِ الْخُدْعَةُ؟ حينَ يَشُدُّ الْعامِلُ غِطاءَ الْمائِدَةِ بِسُرْعَةٍ كافِيَةٍ يُبْقي الْقُصورُ الذّاتِيُّ لِلأَجْسامِ الأَجْسامَ في مَكانِها. إذا كانَتِ الأَجْسامُ ثَقيلَةً يَكونُ شَدُّ غِطاءِ الْمائِدَةِ، مِنْ دونِ أَنْ تَتَبَعْثَرَ الأَجْسامُ، أَكْثَرَ سُهولَةً. ذَلِكَ أَنَّ الْقُصورَ الذّاتِيَّ لِجِسْمٍ مُرْتَبِطٌ بِكُتْلَتِهِ. فَكُلَّما ازْدادَتْ كُتْلَةُ الْجِسْمِ ازْدادَ قُصورُهُ الذّاتِيُّ.

✔ **ما هُوَ الْقانونُ الأَوَّلُ لِنُيوتُنْ؟**



▲ حينَ يَشُدُّ الْعامِلُ غِطاءَ الْمائِدَةِ بِسُرْعَةٍ يَبْقى الطَّبَقُ ساكِنًا لا يَتَحَرَّكُ مَعَ الْغِطاءِ. فَالطَّبَقُ كانَ قَبْلَ شَدِّ الْغِطاءِ ساكِنًا. وَبِسَبَبِ قُصورِهِ الذّاتِيِّ يَميلُ الطَّبَقُ لأَنْ يَبْقى في مَكانِهِ ساكِنًا حَتّى وَإِنْ تَحَرَّكَ الْغِطاءُ تَحْتَهُ.

الْقانونُ الثّاني لِنُيوتُنْ

The Second Law of Newton

تَعَلَّمْتَ في الدَّرْسِ ١ أَنَّ التَّسارُعَ تَغَيُّرٌ في سُرْعَةِ جِسْمٍ أَوْ في اتِّجاهِها. وَبِحَسَبِ قَوانينِ نُيوتُنَ لِلْحَرَكَةِ، فَإِنَّ الْقُوَّةَ هِيَ الشَّيْءُ الْوَحيدُ الَّذي يُسَبِّبُ تَسارُعًا. يَعْتَمِدُ مِقْدارُ التَّسارُعِ عَلى الْقُوَّةِ وَعلى كُتْلَةِ الْجِسْمِ. هَذا هُوَ الْقانونُ الثّاني لِنُيوتُنْ:

«يَعْتَمِدُ تَسارُعُ جِسْمٍ عَلى مِقْدارِ الْقُوَّةِ الْمُؤَثِّرَةِ في الْجِسْمِ وَاتِّجاهِها، وَعَلى كُتْلَةِ الْجِسْمِ».

مِقْدارُ الْقُوَّةِ تُسَبِّبُ قُوَّةٌ كَبيرَةٌ مُؤَثِّرَةٌ في جِسْمٍ تَسارُعًا أَكْبَرَ مِمّا تُسَبِّبُهُ قُوَّةٌ صَغيرَةٌ. عِنْدَما يَضْرِبُ اللاّعِبُ كُرَةَ الْمِضْرَبِ بِقُوَّةٍ أَكْبَرَ، تَتَغَيَّرُ حَرَكَةُ الْكُرَةِ أَكْثَرَ، وَتَنْطَلِقُ بِسُرْعَةٍ أَكْبَرَ.

يَشْرَحُ الْقانونُ الثّاني لِنُيوتُنْ لِماذا تُزَوَّدُ سَيّاراتُ السِّباقِ بِمُحَرِّكاتٍ ذاتِ قُدْرَةٍ عالِيَةٍ. إِذْ تُوَفِّرُ هَذِهِ الْمُحَرِّكاتُ قُوَّةً كَبيرَةً جِدًّا تُسَبِّبُ تَسارُعًا كَبيرًا، فَتَزْدادُ سُرْعَةُ السَّيّارَةِ جِدًّا خِلالَ فَتْرَةٍ وَجيزَةٍ.

اتِّجاهُ الْقُوَّةِ يُمْكِنُ أَنْ تُسَبِّبَ قُوَّةٌ مُؤَثِّرَةٌ في جِسْمٍ ازْدِيادَ سُرْعَةِ هَذا الْجِسْمِ، أَوِ انْخِفاضَها، أَوْ تُسَبِّبَ إِيقافَهُ، أَوْ تُغَيِّرَ اتِّجاهَ حَرَكَتِهِ. إِنَّ كُرَةً تَتَدَحْرَجُ عَلى الأَرْضِ، تَزْدادُ سُرْعَتُها إِذا رُكِلَتْ مِنَ الْخَلْفِ. وَإِذا رَدَّ حارِسُ الْمَرْمى تِلْكَ الْكُرَةَ مِنَ الأَمامِ، فَقَدْ تَتَوَقَّفُ أَوْ يَتَغَيَّرُ اتِّجاهُ حَرَكَتِها. وَإِذا رُكِلَتِ الْكُرَةُ مِنْ جانِبِها وَهْيَ تَتَدَحْرَجُ، يَتَغَيَّرُ اتِّجاهُ حَرَكَتِها.

كُتْلَةُ الْجِسْمِ يَزْدادُ تَأْثيرُ قُوَّةٍ في جِسْمٍ كُلَّما انْخَفَضَتْ كُتْلَةُ هَذا الْجِسْمِ. فَسَيّاراتُ السِّباقِ تَكونُ خَفيفَةً لِكَيْ يَكونَ تَسارُعُها كَبيرًا.

✔ **ماذا يَحْصُلُ لِتَسارُعِ جِسْمٍ إِذا ازْدادَ مِقْدارُ الْقُوَّةِ الَّتي تُؤَثِّرُ فيهِ؟**

▲ تَقْتَرِبُ الْكُرَةُ مِنَ الْعَصا في الْوَقْتِ الَّذي لا تَبْذُلُ الْعَصا فيهِ أَيَّ قُوَّةٍ عَلَيْها.

▲ حينَ تَلْتَقي الْكُرَةُ وَالْعَصا تَبْذُلُ الْعَصا قُوَّةً كَبيرَةً عَلى الْكُرَةِ.

▲ الْقُوَّةُ الَّتي تَبْذُلُها الْعَصا تُسَبِّبُ تَسارُعًا لِلْكُرَةِ. وَكُلَّما كانَتِ تِلْكَ الْقُوَّةُ أَكْبَرَ، كانَ تَسارُعُ الْكُرَةِ أَكْبَرَ.

▲ يُطَبِّقُ الْبَحّارَةُ بِوَساطَةِ الْمَجاذيفِ قُوَّةً على الْماءِ. وَيُطَبِّقُ الْماءُ قُوَّةَ رَدِّ فِعْلٍ على الْمَجاذيفِ، لكِنْ في الاتِّجاهِ الْمُعاكِسِ. إنَّ قُوَّةَ رَدِّ الْفِعْلِ هذِهِ تَجْعَلُ الزَّوْرَقَ يَتَحَرَّكُ إلى الأَمامِ.

الْقانونُ الثّالِثُ لِنُيوتُنْ
The Third Law of Newton

تقولُ قَوانينُ نُيوتُنْ أَنَّكَ حينَ تَدْفَعُ جِدارًا ثابِتًا، تَكونُ هُناكَ قُوَّةٌ مُساوِيَةٌ لِقُوَّتِكَ تَدْفَعُ بِاتِّجاهٍ مُعاكِسٍ. لِكَيْ يُوازِنَ الْجِدارُ الْقُوَّةَ الَّتي تَدْفَعُهُ بِها يَنْبَغي أَنْ يَدْفَعَكَ بِدَوْرِهِ بِقُوَّةٍ مُساوِيَةٍ. الْقُوى تَعْمَلُ دائِمًا أَزْواجًا. فَكُلَّما طَبَّقَ جِسْمٌ (أَنْت) قُوَّةً على جِسْمٍ ثانٍ (الْجِدارِ)، طَبَّقَ الْجِسْمُ الثّاني قُوَّةً على الْجِسْمِ الأَوَّلِ. هذا هُوَ الْقانونُ الثّالِثُ لِنُيوتُنْ:

«لِكُلِّ فِعْلٍ رَدُّ فِعْلٍ يُساويهِ وَيُعاكِسُهُ».

يَنْطَبِقُ هذا الْقانونُ أَيْضًا على الْقُوى الَّتي تُنْتِجُ حَرَكَةً. عِنْدَما تَرْفَعُ كِتابًا عَنِ الْمِنْضَدَةِ تُطَبِّقُ قُوَّةً على الْكِتابِ، وَفي الْوَقْتِ نَفْسِهِ يُطَبِّقُ الْكِتابُ على يَدِكَ قُوَّةً مُساوِيَةً لِقُوَّتِكَ، لكِنْ في الاتِّجاهِ الْمُعاكِسِ، أَيْ إلى أَسْفَلَ.

يُمْكِنُ أَنْ يُصاغَ الْقانونُ الثّالِثُ لِنُيوتُنْ على الشَّكْلِ التّالي: لِكُلِّ قُوَّةِ فِعْلٍ قُوَّةُ رَدِّ فِعْلٍ مُساوِيَةٌ وَمُعاكِسَةٌ لَها. الْقُوَّةُ الأُولى هِيَ **قُوَّةُ الْفِعْلِ**، وَالْقُوَّةُ الَّتي تَدْفَعُ أَوْ تَشُدُّ إلى الْوَراءِ هِيَ **قُوَّةُ رَدِّ الْفِعْلِ**. يُمْكِنُكَ أَنْ تَرى الْقانونَ الثّالِثَ لِنُيوتُنْ مُطَبَّقًا في وَضْعِيّاتٍ كَثيرَةٍ. حينَ تَمْشي تَضْغَطُ قَدَمُكَ على الأَرْضِ، وَبِالْمُقابِلِ تَدْفَعُ الأَرْضُ قَدَمَكَ. وَإذا لَمْ يَحْصُلْ ذلِكَ لا يُمْكِنُكَ أَنْ تَصِلَ إلى أَيِّ مَكانٍ.

تَعْتَمِدُ الرِّحْلاتُ الْفَضائِيَّةُ عَلى الْقانونِ الثّالِثِ لِنُيوتُنْ أَيْضًا. يَدْفَعُ مُحَرِّكُ الصّاروخِ الْغازاتِ النّاتِجَةَ مِنَ الاحْتِراقِ إلى الْخارِجِ عَبْرَ مُؤَخِّرَةِ الصّاروخِ. تَدْفَعُ هذِهِ الْغازاتُ بِدَوْرِها الصّاروخَ إلى الأَمامِ. الْقُوَّةُ الَّتي تَدْفَعُ الصّاروخَ إلى الأَمامِ تُساوي الْقُوَّةَ الَّتي يَدْفَعُ بِها الصّاروخُ الْغازاتِ إلى الْوَراءِ. لكِنَّ لِلْقُوَّتَيْنِ اتِّجاهَيْنِ مُتَعاكِسَيْنِ.

✔ **حينَ تَكونُ جالِسًا عَلى كُرْسِيٍّ، فَأَنْتَ تُطَبِّقُ قُوَّةً عَلى مَقْعَدِ الْكُرْسِيِّ. ما مِقْدارُ الْقُوَّةِ الَّتي يُطَبِّقُها الْكُرْسِيُّ عَلَيْكَ، وَما اتِّجاهُها؟**

مَداراتُ الْكَواكِبِ وَالأَقْمار The Orbits of Plants and Moons

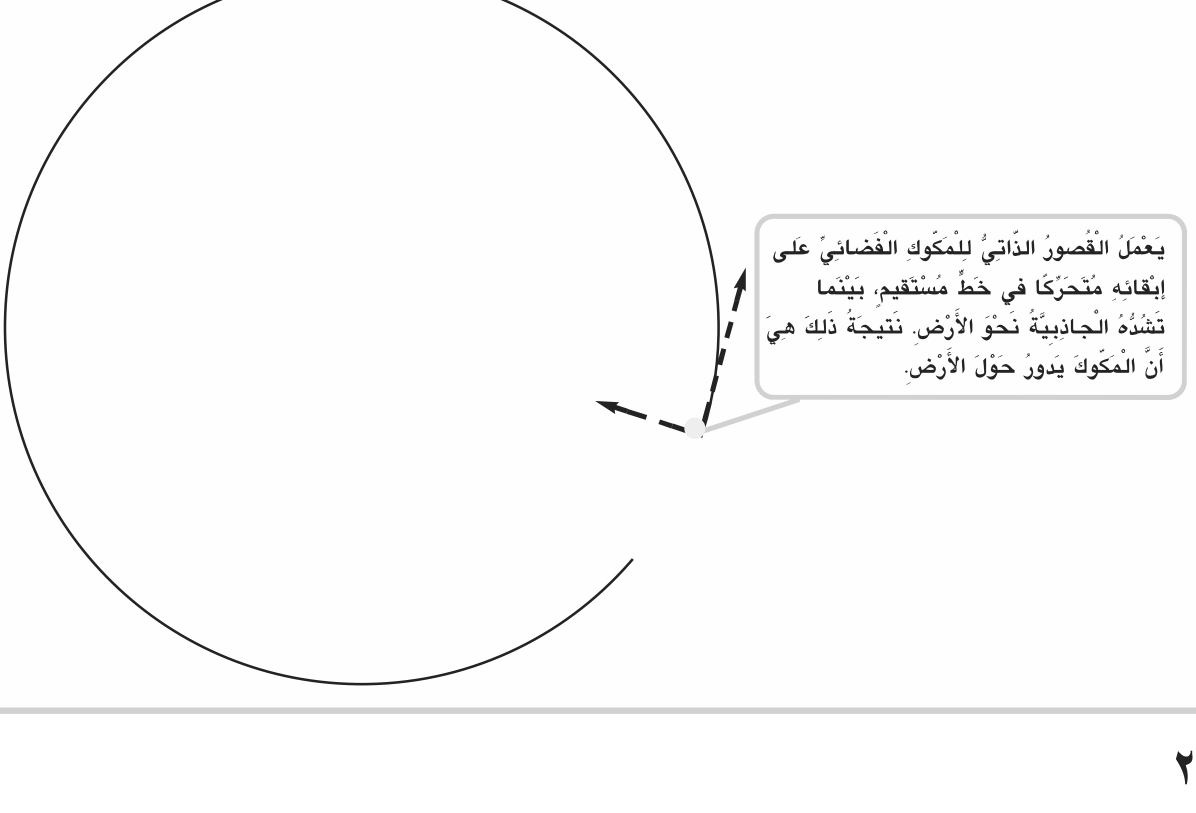
الْمَدارُ هُوَ الْمَسارُ الَّذي يَسْلُكُهُ جِسْمٌ وَهْوَ يدورُ في الْفَضاءِ حَوْلَ جِسْمٍ آخَرَ. جَميعُ كَواكِبِ النِّظامِ الشَّمْسِيِّ تَسيرُ عَلى مَداراتٍ حَوْلَ الشَّمْس. وَالْقَمَرُ يَسيرُ عَلى مَدارٍ دائِرِيٍّ تَقْريبًا حَوْلَ الأَرْض. لَكِنْ ما سَبَبُ حَرَكَةِ الْقَمَرِ الدّائِرِيَّةِ حَوْلَ الأَرْض؟

تَعَلَّمْتَ في هَذا الدَّرْسِ، وَبِحَسَبِ الْقانونِ الأَوَّلِ لِنُيوتُنْ، أَنَّ جِسْمًا مُتَحَرِّكًا يُتابِعُ حَرَكَتَهُ في خَطٍّ مُسْتَقيمٍ إِلى أَنْ تُؤَثِّرَ فيهِ قُوَّةٌ خارِجِيَّةٌ. فَبِسَبَبِ الْقُصورِ الذّاتِيِّ يَنْبَغي لِلْقَمَرِ أَنْ يُتابِعَ حَرَكَتَهُ في خَطٍّ مُسْتَقيمٍ ما لَمْ تُؤَثِّرْ فيهِ قُوَّةٌ خارِجِيَّةٌ. لَكِنْ ما هِيَ تِلْكَ الْقُوَّةُ؟ إِنَّها قُوَّةُ الْجاذِبِيَّةِ الَّتي تَشُدُّ الأَرْضَ وَالْقَمَرَ أَحَدَهُما إِلى الآخَرِ. فَالْقَمَرُ يَسيرُ عَلى مَدارٍ حَوْلَ الأَرْضِ عِنْدَما يَعْمَلُ كُلٌّ مِنَ الْقُصورِ الذّاتِيِّ وَالْجاذِبِيَّةِ مَعًا.

يوضِحُ الْمِثالُ التّالي هَذِهِ الْفِكْرَةَ. إذا رَبَطْتَ قِطْعَةً مِنَ الطَّباشيرِ بِطَرَفِ خَيْطٍ، ثُمَّ أَمْسَكْتَ بِالطَّرَفِ الثّاني لِلْخَيْطِ، وَأَدَرْتَ الْخَيْطَ وَالطَّباشيرَ في حَرَكَةٍ دائِرِيَّةٍ، تُلاحِظُ أَنَّ قِطْعَةَ الطَّباشيرِ تَسيرُ عَلى مَدارٍ دائِرِيٍّ حَوْلَ يَدِكَ، كَما يَدورُ الْقَمَرُ حَوْلَ الأَرْض. إذا أَفْلَتَّ الْخَيْطَ، تَبْتَعِدُ قِطْعَةُ الطَّباشيرِ عَنْ يَدِكَ، وَتُتابِعُ حَرَكَتَها في خَطٍّ مُسْتَقيمٍ، بِسَبَبِ قُصورِها الذّاتِيِّ. الْقُوَّةُ الَّتي تَشُدُّ بِها يَدُكَ قِطْعَةَ الطَّباشيرِ عَبْرَ الْخَيْطِ تُشْبِهُ، في هَذا الْمِثالِ، قُوَّةَ الْجاذِبِيَّةِ الَّتي تَشُدُّ الْقَمَرَ إِلى الأَرْضِ. فَلَوْلا قُوَّةُ الْجاذِبِيَّةِ لَتابَعَ الْقَمَرُ حَرَكَتَهُ في خَطٍّ مُسْتَقيمٍ.

بِالإِضافَةِ إِلى الْقَوانينِ الثَّلاثَةِ لِنُيوتُنْ، وَضَعَ إِسْحاقُ نُيوتُنْ قانونَ الْجَذْبِ الْعامِّ، وَهْوَ أَنَّ كُلَّ الأَجْسامِ في الْكَوْنِ تَتَجاذَبُ مَعَ كُلِّ الأَجْسامِ الأُخْرى. يُمْكِنُ مُلاحَظَةُ هَذِهِ الْقُوَّةِ حينَ تَكونُ كُتْلَةُ أَحَدِ الأَجْسامِ، عَلى الأَقَلِّ، كَبيرَةً جِدًّا. فَكُتْلَتا الأَرْضِ وَالْقَمَرِ تُنْتِجانِ قُوَّةَ جاذِبِيَّةٍ كَبيرَةً بَيْنَهُما. في حينِ أَنَّ قُوَّةَ الْجاذِبِيَّةِ بَيْنَ مِشْبَكَيْ وَرَقٍ عَلى طاوِلَةٍ ضَئيلَةٌ جِدًّا، لا تَكْفي لِتَحْريكِ أَحَدِهِما نَحْوَ الآخَرِ، لأَنَّ قُوَّةَ الاِحْتِكاكِ أَكْبَرُ مِنْ قُوَّةِ الْجاذِبِيَّةِ.

قانونُ الْجَذْبِ الْعامِّ وَالْقانونُ الأَوَّلُ لِنُيوتُنْ يُفَسِّرانِ مَعًا حَرَكَةَ الْكَواكِبِ حَوْلَ الشَّمْسِ.



مُلَخَّصٌ Summary

وَضَعَ إِسْحاقُ نُيوتُنْ ثَلاثَةَ قَوانينَ تَصِفُ حَرَكَةَ الأَجْسامِ. الْقانونُ الأَوَّلُ هُوَ أَنَّ الْجِسْمَ السّاكِنَ يَبْقى ساكِنًا، وَالْجِسْمَ الْمُتَحَرِّكَ يَسْتَمِرُّ مُتَحَرِّكًا في خَطٍّ مُسْتَقيمٍ وَبِسُرْعَةٍ ثابِتَةٍ، إِلى أَنْ تُؤَثِّرَ في ذَلِكَ الْجِسْمِ قُوَّةٌ خارِجِيَّةٌ. الْقانونُ الثّاني هُوَ أَنَّ تَسارُعَ جِسْمٍ يَعْتَمِدُ عَلى كُتْلَتِهِ، وَعَلى مِقْدارِ الْقُوَّةِ الْمُؤَثِّرَةِ فيهِ وَاتِّجاهِها. الْقانونُ الثّالِثُ هُوَ أَنَّ لِكُلِّ فِعْلٍ رَدَّ فِعْلٍ يُساويهِ وَيُعاكِسُهُ.

مُراجَعَةٌ Review

١. إِذا رَمى رائِدُ فَضاءٍ جِسْمًا في الْفَضاءِ بَعيدًا عَنْ كُلِّ جِسْمٍ فَضائِيٍّ، فَماذا يَحْصُلُ لِهَذا الْجِسْمِ؟

٢. تَصادَمَتْ شاحِنَةٌ وَوَرَقَةٌ تَسْقُطُ مِنْ شَجَرَةٍ. تَسارَعَتِ الْوَرَقَةُ بِسُرْعَةٍ، فَلِمَ لَمْ يَحْصُلْ ذَلِكَ لِلشّاحِنَةِ؟

٣. أَوْضِحْ ما يَحْصُلُ حينَ يَدْفَعُ شَخْصٌ بابًا مُقْفَلاً.

٤. تَفْكيرٌ ناقِدٌ افْتَرِضْ أَنَّ قُوَّةَ الْجاذِبِيَّةِ بَيْنَ الأَرْضِ وَالشَّمْسِ قَدْ زالَتْ فَجْأَةً. فَما الْمَسارُ الَّذي تَتَّبِعُهُ الأَرْضُ بَعْدَ ذَلِكَ؟

٥. اسْتِعْدادٌ لِلاخْتِبارِ ما خاصِّيَّةُ الْمادَّةِ الَّتي تُبْقيها تَتَحَرَّكُ في خَطٍّ مُسْتَقيمٍ وَبِالسُّرْعَةِ نَفْسِها؟

أ الْقُصورُ الذّاتِيُّ
ب الْكُتْلَةُ
ج كَمِّيَّةُ الْحَرَكَةِ
د السُّرْعَةُ

حَلُّ مَسْأَلَةٍ

كُتْلَةُ نزاد ٣٥ كيلوغرامًا. كانَ يَرْكُضُ بِسُرْعَةِ ٣ مِتْر/ثانِيَة. كَمْ تَبْلُغُ كَمِّيَّةُ حَرَكَتِهِ؟

قِصَّةٌ شَخْصِيَّةٌ

قَدْ تَكونُ شاهَدْتَ صُوَرَ رُوّادِ فَضاءٍ وَهُمْ يَطوفونَ في الْفَضاءِ. تَخَيَّلْ أَنَّكَ رائِدُ فَضاءٍ يَطوفُ في الْفَضاءِ خارِجَ الْمَرْكَبَةِ الْفَضائِيَّةِ، وَإِلى جانِبِكَ قَمَرٌ اصْطِناعِيٌّ يَنْبَغي أَنْ تُدْخِلَهُ مُسْتَوْدَعًا في الْمَرْكَبَةِ. اكْتُبْ قِصَّةً تَصِفُ فيها لِزُمَلائِكَ ماذا حَصَلَ حينَ حاوَلْتَ أَنْ تُحَرِّكَ الْقَمَرَ الاصْطِناعِيَّ.

رَبْطُ الأَحْزِمَةِ

اسْتَخْدِمْ ما تَعَلَّمْتَهُ عَنْ كَمِّيَّةِ الْحَرَكَةِ وَعَنِ الْقَوانينِ الثَّلاثَةِ لِنُيوتُنْ، لِكَيْ توضِحَ لِماذا يُشَكِّلُ عَدَمُ رَبْطِ حِزامِ الأَمانِ خَطَرًا كَبيرًا عِنْدَ وُقوعِ حادِثِ سَيْرٍ.

مُراجَعَةٌ وَاسْتِعْدادٌ لِلاِخْتِبارِ
Review and Test Preparation

مُراجَعَةُ الْمُفْرَداتِ Vocabulary Review

اسْتَخْدِمِ الْمُفْرَداتِ الْوارِدَةَ أَدْناهُ لإِكْمالِ الْجُمَلِ مِنْ ١ حَتّى ٦. رَقْمُ الصَّفْحَةِ الْمُسَجَّلُ بَيْنَ ( ) يَدُلُّكَ عَلى مَكانِ وُرودِ الْمَعْلوماتِ، الَّتي قَدْ تَحْتاجُ إِلَيْها، في الْفَصْلِ.

الْمَوْقِع (٢٧٤)
السُّرْعَة (٢٧٥)
التَّسارُع (٢٧٥)
كَمِّيَّةُ الْحَرَكَةِ (٢٧٦)
الْقُصور الذّاتِيّ (٢٨١)
قُوَّة الْفِعْل (٢٨٣)
قُوَّة رَدِّ الْفِعْل (٢٨٣)

١. ـــــــ جِسْمٍ هِيَ حاصِلُ ضَرْبِ كُتْلَةِ الْجِسْمِ بِسُرْعَتِهِ.

٢. الْمَسافَةُ الَّتي يَقْطَعُها جِسْمٌ خِلالَ فَتْرَةٍ زَمَنِيَّةٍ مُحَدَّدَةٍ هِيَ قِياسٌ لِـ ـــــــ

٣. يَحْصُلُ ـــــــ في حَرَكَةِ جِسْمٍ حينَ تَزيدُ سُرْعَتُهُ أَوْ تَنْقُصُ، أَوْ يَتَوَقَّفُ، أَوْ يُغَيِّرُ اتِّجاهَ حَرَكَتِهِ.

٤. يُمْكِنُ صِياغَةُ الْقانونِ الثّالِثِ لِنُيوتُنْ عَلى الشَّكْلِ التّالي: لِكُلِّ ـــــــ توجَدُ ـــــــ مُساوِيَةٌ وَمُعاكِسَةٌ لَها.

٥. خاصِّيَّةُ الْمادَّةِ بِأَنْ تُقاوِمَ كُلَّ تَغَيُّرٍ في حَرَكَةِ الْجِسْمِ هِيَ ـــــــ.

٦. مَكانُ جِسْمٍ أَوْ مَوْضِعُهُ يُسَمّى ـــــــ.

رَبْطُ الْمَفاهيمِ Connect Concepts

يُبَيِّنُ شَكْلُ فَنِ الْبَيانِيُّ التّالي بَعْضَ مَفاهيمِ الْفَصْلِ الْمُتَرابِطَةَ. انْسَخْ شَكْلَ فَنِ الْبَيانِيَّ، ثُمَّ اكْتُبْ في الْمَكانِ الْمُناسِبِ مِنْهُ التَّعابيرَ التّالِيَةَ.

الْمَوْقِعُ	التَّسارُعُ
الزَّمَنُ	الْقُصورُ الذّاتِيُّ
السُّرْعَةُ	كَمِّيَّةُ الْحَرَكَةِ

١. ٣. ٥.

٢. ٤. ٦.

التَّحَقُّقُ مِنَ الْفَهْمِ Check Understanding

حَوِّطْ حَرْفَ الاخْتِيارِ الْمُناسِبِ.

١. لَيْسَ سَهْلاً دَفْعُ سَيّارَةٍ مُتَوَقِّفَةٍ بِسَبَبِ خاصِّيَّةٍ لِلْمادَّةِ هِيَ ـــــــ

أ التَّسارُعُ
ب قُوَّةُ الْفِعْلِ
ج قُوَّةُ رَدِّ الْفِعْلِ
د الْقُصورُ الذّاتِيُّ

٢. شَخْصٌ يَقودُ سَيّارَةً وَآخَرُ يَمْشي عَلى الرَّصيفِ، لَهُما نَظْرَتانِ مُخْتَلِفَتانِ إِلى حَرَكَةِ جِسْمٍ. فَلِكُلِّ شَخْصٍ ـــــــ مُخْتَلِفٌ.

أ تَسارُعٌ
ب مَوْقِعٌ
ج مَناطُ إِسْنادٍ
د مَدارٌ

٣. اصْطَدَمَتْ كُرَةُ قَدَمٍ بِكُرَةِ يَدٍ ساكِنَةٍ، فَتَحَرَّكَتْ كُرَةُ الْيَدِ وَتَوَقَّفَتْ كُرَةُ الْقَدَمِ. هَذا مِثالٌ عَلى ________.
أ الْجاذِبِيَّةِ
ب حِفْظِ كَمِّيَّةِ الْحَرَكَةِ
ج الْقُصورِ الذّاتِيِّ
د السُّرْعَةِ

٤. إذا قُذِفَتْ كُرَةٌ إلى أَعْلى، تَعْلو الْكُرَةُ في خَطٍّ مُسْتَقيمٍ، لَكِنَّ الْجاذِبِيَّةَ تَشُدُّها فَتُبْطِئُ حَرَكَتَها، ثُمَّ تُعيدُها إلى الأَرْضِ. هَذا مِثالٌ عَلى ________.
أ الْقانونِ الأَوَّلِ لِنُيوتُنْ
ب الْقانونِ الثّاني لِنُيوتُنْ
ج الْقانونِ الثّالِثِ لِنُيوتُنْ
د الْقُصورِ الذّاتِيِّ

تَفْكيرٌ ناقِدٌ Critical Thinking

١. مُتَزَلِّجانِ عَلى الثَّلْجِ يَقِفانِ وَجْهًا لِوَجْهٍ. دَفَعَ أَحَدُهُما الآخَرَ، فَتَحَرَّكَ الاِثْنانِ في اتِّجاهَيْنِ مُتَعاكِسَيْنِ. أَوْضِحْ لِماذا تَحَرَّكَ الاِثْنانِ وَلَمْ يَتَحَرَّكْ الْمُتَزَلِّجُ الَّذي دُفِعَ فَحَسْبُ.

٢. إذا شَدَّتِ الأَرْضُ نَحْوَها بُرْتُقالَةً بِقُوَّةِ ١ نيوتُنْ، فَإِنَّ الْبُرْتُقالَةَ تَشُدُّ الأَرْضَ نَحْوَها بِقُوَّةِ نيوتُنْ أَيْضًا. أَوْضِحْ صِحَّةَ هَذا الرَّأْيِ.

مُراجَعَةُ مَهاراتِ عَمَلِيّاتِ الْعِلْمِ
Process Skills Review

١. دُحْرِجَتْ كُرَةٌ زُجاجِيَّةٌ عَلى سَطْحٍ أُفُقِيٍّ وَأَمْلَسَ. **تَوَقَّعْ** كَيْفَ تُتابِعُ هَذِهِ الْكُرَةُ حَرَكَتَها. اسْتَخْدِمْ قَوانينَ نيوتُنْ.

٢. سارَتْ سَيّارَتانِ جَنْبًا إلى جَنْبٍ عَلى طَريقٍ مُسْتَقيمَةٍ لِمَسافَةِ ١ كيلومِتْرٍ. **قارِنْ** حَرَكَتَيِ السَّيّارَتَيْنِ.

٣. يُريدُ مُهَنْدِسٌ أَنْ يُقارِنَ الأَضْرارَ الَّتي تَنْتُجُ مِنْ تَصادُمِ ثَلاثِ سَيّاراتٍ، وَهْيَ تَسيرُ بِسُرْعَةٍ مُنْخَفِضَةٍ. ما **الْمُتَغَيِّرُ** الَّذي يَنْبَغي أَنْ **يَضْبُطَهُ** الْمُهَنْدِسُ؟

تَقْويمُ الأَداءِ Performonce Assessment

عَرْضُ قَوانينِ نُيوتُنْ

سَوْفَ يُعْطيكَ الْمُعَلِّمُ كُرَتَيْنِ صَغيرَتَيْنِ. اسْتَخْدِمْهُما لِعَرْضِ كُلٍّ مِنْ قَوانينِ نيوتُنْ. يُمْكِنُكَ أَنْ تَعْتَمِدَ عَلى ما جاءَ في الصَّفَحاتِ ٢٨١–و٢٨٣ مِنَ الدَّرْسِ ٢ مِنْ هَذا الْفَصْلِ.

صُنْعُ مَغانِطَ

كَيْفَ يُصْبِحُ جِسْمٌ مَغْنَاطيسًا؟

الْمَوادُّ

- بوصِلَةٌ
- وِعاءٌ واسِعٌ فيهِ ماءٌ
- إبْرَةُ خِياطَةٍ
- قَضيبٌ مَغْنَاطيسِيٌّ
- قِطْعَةُ فِلّينٍ اصْطِناعِيٍّ صَغيرَةٌ

الْخُطُواتُ

1. ضَعِ الْبوصِلَةَ عَلى الطّاوِلَةِ. لاحِظِ اتِّجاهَ الْقُطْبِ الْمَغْنَاطيسِيِّ الشَّمالِيِّ لإبْرَةِ الْبوصِلَةِ.
2. ضَعْ إبْرَةَ الْخِياطَةِ عَلى قِطْعَةِ الْفِلّينِ الاصْطِناعِيِّ، ثُمَّ ضَعْها عَلى سَطْحِ الْماءِ في الْوِعاءِ. لاحِظْ كَيْفَ تَتَّجِهُ الإبْرَةُ.
3. دَلِّكِ الآنَ الإبْرَةَ بِالْقَضيبِ الْمَغْنَاطيسِيِّ.
4. ضَعِ الإبْرَةَ مِنْ جَديدٍ عَلى قِطْعَةِ الْفِلّينِ الاصْطِناعِيِّ الطّافِيَةِ عَلى الْماءِ. كَيْفَ تَتَّجِهُ الإبْرَةُ؟

اسْتَنْتِجْ

هَلْ عَمِلَتِ الإبْرَةُ كَمَغْنَاطيسٍ في الْخُطْوَةِ رَقْمِ ٢؟ هَلْ عَمِلَتْ كَمَغْنَاطيسٍ في الْخُطْوَةِ رَقْمِ ٤؟ كَيْفَ حَوَّلْتَ الإبْرَةَ إلى مَغْنَاطيسٍ؟

إنَّهُ الْقانونُ

كَيْفَ يُثْبِتُ صاروخُ الْقانونَ الثّالِثَ لِنُيوتُنْ؟

الْمَوادُّ

- خَيْطٌ طولُهُ ٥ أَمْتارٍ
- بالونٌ مَطّاطِيٌّ
- مَصّاصَةٌ
- شَريطٌ لاصِقٌ

الْخُطُواتُ

1. مَرِّرِ الْخَيْطَ في الْمَصّاصَةِ. دَعْ زَميلَيْنِ لَكَ يُمْسِكا بِطَرَفَيِ الْخَيْطِ، أَوِ ارْبِطْ طَرَفَيِ الْخَيْطِ بِجِسْمَيْنِ ثابِتَيْنِ.
2. انْفُخِ الْبالونَ، وَاضْغَطْ عَلى طَرَفِهِ بِيَدِكَ.
3. أَمْسِكْ بِالْبالونِ وَدَعْ زَميلَكَ يُثَبِّتْهُ عَلى الْمَصّاصَةِ بِالشَّريطِ اللاّصِقِ.
4. بَعْدَ إلْصاقِ الْبالونِ عَلى الْمَصّاصَةِ أَفْلِتِ الْبالونَ. لاحِظْهُ.

اسْتَنْتِجْ

ما هُوَ الْقانونُ الثّالِثُ لِنُيوتُنْ؟ ما قُوَّةُ الْفِعْلِ في الْبالونِ الصّاروخِ؟ ما قُوَّةُ رَدِّ الْفِعْلِ؟ هَلْ تَساوَتْ قُوَّةُ الْفِعْلِ وَقُوَّةُ رَدِّ الْفِعْلِ، في رَأْيِكَ؟ في أَيِّ اتِّجاهٍ دُفِعَ الْهَواءُ إلى الْخارِجِ؟ كَيْفَ يُمْكِنُكَ أَنْ تَصْنَعَ صاروخًا أَفْضَلَ مِنْ صاروخِ الْبالونِ؟

التَّعْريفاتُ

أ

الإِشْعاعُ هُوَ الطَّريقَةُ الَّتي تَنْتَقِلُ بِها الطّاقَةُ عَبْرَ الْمادَّةِ أَوْ عَبْرَ الْفَراغِ. (٢٤٠)

الأَشِعَّةُ تَحْتَ الْحَمْراءِ حُزَمُ الطّاقَةِ الَّتي تَنْقُلُ حَرارَةً. (٢٤٠)

الاِحْتِباسُ الْحَرارِيُّ تَسْخينُ الأَرْضِ بِسَبَبِ احْتِجازِ الْغِلافِ الْجَوِّيِّ لِلطّاقَةِ الشَّمْسِيَّةِ الَّتي تَرْتَدُّ عَنِ الأَرْضِ. (١٦٧)

الاِحْتِكاكُ قُوَّةٌ تُعاكِسُ الْحَرَكَةَ أَوْ تُؤَثِّرُ في اتِّجاهٍ مُعاكِسٍ لاِتِّجاهِ الْحَرَكَةِ، حينَ يَحْتَكُّ سَطْحانِ. (٢٥٢)

الاِعْتِدالُ هُوَ التَّوْقيتُ الَّذي يَتَساوى فيهِ عَدَدُ ساعاتِ النَّهارِ وَعَدَدُ ساعاتِ اللَّيْلِ في أَيِّ بُقْعَةٍ مِنَ الأَرْضِ. (١٨٥)

الانْصِهارُ تَغَيُّرُ حالَةِ المادَّةِ مِنْ جِسْمٍ صُلْبٍ إِلى سائِلٍ. (٢١٧)

الاِنْقِلابُ هُوَ التَّوْقيتُ الَّذي يَبْلُغُ فيهِ عَدَدُ ساعاتِ النَّهارِ أَقْصاهُ، أَوْ أَدْناهُ، في بُقْعَةٍ عَلى الأَرْضِ. (١٨٥)

ت

التَّبَخُّرُ انْفِلاتُ جُسَيْماتٍ مِنْ سائِلٍ لا يَغْلي، لِتُصْبِحَ غازًا. (٢١٨)

التَّجَمُّدُ تَغَيُّرُ حالَةِ المادَّةِ مِنْ سائِلٍ إِلى جِسْمٍ صُلْبٍ. (٢١٧)

التُّروبوسْفير طَبَقَةُ الْغِلافِ الْجَوِّيِّ الأَقْرَبُ إِلى الأَرْضِ. (١٦٦)

التَّسارُعُ كُلُّ تَغَيُّرٍ في مِقْدارِ السُّرْعَةِ أَوِ اتِّجاهِها. (٢٧٥)

التَّسامي تَغَيُّرُ حالَةِ المادَّةِ مُباشَرَةً مِنْ جِسْمٍ صُلْبٍ إِلى غازٍ. (٢١٧)

التَّغَيُّرُ الْفيزْيائِيُّ كُلُّ تَغَيُّرٍ يَطْرَأُ عَلى شَكْلِ الْمادَّةِ أَوْ حَجْمِها أَوْ حالَتِها، وَلا يُكَوِّنُ مادَّةً جَديدَةً. (٢٢٢)

التَّغَيُّرُ الْكيمْيائِيُّ هُوَ التَّغَيُّرُ الَّذي يُنْتِجُ مادَّةً جَديدَةً أَوْ أَكْثَرَ، وَقَدْ يُوَلِّدُ طاقَةً. (٢٢٣)

التَّفاعُلُ الْكيمْيائِيُّ تَعْبيرٌ آخَرُ عَنِ التَّغَيُّرِ الْكيمْيائِيِّ. (٢٢٣)

التَّكاثُفُ تَغَيُّرُ حالَةِ الْمادَّةِ مِنْ غازٍ إِلى سائِلٍ. (٢١٨)

التِّلِسْكوبُ جِهازٌ يَقومُ بِتَكْبيرِ الأَجْسامِ الْبَعيدَةِ. (١٩٣)

التَّوْصيلُ طَريقَةٌ لِنَقْلِ الطّاقَةِ الْحَرارِيَّةِ بِسَبَبِ تَصادُمِ الْجُسَيْماتِ. (٢٣٨)

ج

الْجاذِبِيَّةُ هِيَ الْقُوَّةُ الَّتي تَشُدُّ جَميعَ الأَجْسامِ في الْكَوْنِ بَعْضَها إِلى بَعْضٍ. (٢٥٤)

الْجَبْهَةُ الْمَكانُ الَّذي تَلْتَقي فيهِ كُتْلَتانِ مِنَ الْهَواءِ مُخْتَلِفَتا الْحَرارَةِ. (١٦٨)

الْجاذِبِيَّةُ هِيَ الْقُوَّةُ الَّتي تَشُدُّ جَميعَ الأَجْسامِ في الْكَوْنِ بَعْضَها إِلى بَعْضٍ. (٢٥٤)

الْجَبْهَةُ الْمَكانُ الَّذي تَلْتَقي فيهِ كُتْلَتانِ مِنَ الْهَواءِ مُخْتَلِفَتا الْحَرارَةِ. (١٦٨)

الْجِسْمُ الصُّلْبُ الْمادَّةُ الَّتي لَها شَكْلٌ مُحَدَّدٌ وَحَجْمٌ مُحَدَّدٌ. (٢١٦)

ح

الْحَجْمُ مِقْدارُ الْحَيِّزِ الَّذي يَشْغَلُهُ الْجِسْمُ. (٢١٠)

الْحَرارَةُ نَوْعٌ مِنَ الطّاقَةِ نَشْعُرُ مِنْ خِلالِهِ بِالسُّخونَةِ أَوِ الْبُرودَةِ. (٢٣٨)

الْحَمْلُ انْتِقالُ الطّاقَةِ الْحَرارِيَّةِ في جُسَيْماتِ سائِلٍ أَوْ غازٍ بِسَبَبِ حَرَكَةِ هَذِهِ الْجُسَيْماتِ مِنْ مَكانٍ إِلى آخَرَ. (٢٣٩)

خ

الْخَواصُّ الْفيزْيائِيَّةُ الْخَواصُّ الْفيزْيائِيَّةُ لِمادَّةٍ مُعَيَّنَةٍ صِفاتٌ مُمَيِّزَةٌ لَها، يُمْكِنُ قِياسُها وَمُلاحَظَتُها مِنْ دونِ أَنْ تَتَغَيَّرَ الْمادَّةُ إِلى مادَّةٍ أُخْرى. (٢٠٨)

د

دَرَجَةُ الْحَرارَةِ قِياسٌ لِمُتَوَسِّطِ طاقَةِ حَرَكَةِ الْجُسَيْماتِ في الْمادَّةِ. (٢٣٣)

ذ

الذَّوَبانِيَّةُ قابِلِيَّةُ نَوْعٍ مِنَ الْمادَّةِ لأَنْ يَذوبَ في نَوْعٍ آخَرَ. (٢١٢)

ر

الرُّطوبَةُ كَمِّيَّةُ بُخارِ الْماءِ في الْهَواءِ. (١٧٣)

س

السّائِلُ الْمادَّةُ الَّتي لَها حَجْمٌ مُحَدَّدٌ، لَكِنْ لَيْسَ لَها شَكْلٌ مُحَدَّدٌ. (٢١٦)

السِّتْراتوسْفير طَبَقَةُ الْغِلافِ الْجَوِّيِّ الَّتي تَحْتَوي عَلى الأوزونِ، وَالَّتي توجَدُ فَوْقَ التُّروبوسْفيرِ. (١٦٦)

السُّرْعَةُ قِياسٌ لِلْمَسافَةِ الَّتي يَجْتازُها جِسْمٌ خِلالَ مُدَّةٍ مُعَيَّنَةٍ. (٢٧٥)

ش

الشُّغْلُ اسْتِخْدامُ قُوَّةٍ لِتَحْريكِ جِسْمٍ مَسافَةً ما. (٢٦٤)

ض

الضَّغْطُ الْجَوِّيُّ هُوَ ضَغْطُ جُسَيْماتِ الْهَواءِ عَلى سَطْحِ الأَرْضِ. (١٦٥)

ط

الطّاقَةُ إِمْكانِيَّةُ الْجِسْمِ لِبَذْلِ شُغْلٍ أَوِ الْقِيامِ بِتَغْييرٍ ما. (٢٣٢)

الطّاقَةُ الْحَرارِيَّةُ طاقَةُ حَرَكَةِ الْجُسَيْماتِ في الْمادَّةِ. (٢٣٢)

طاقَةُ الْحَرَكَةِ هِيَ الطّاقَةُ الَّتي تُؤَدّي إِلى حَرَكَةِ الْجِسْمِ. (٢٣٢)

الطّاقَةُ الشَّمْسِيَّةُ هِيَ الطّاقَةُ الَّتي تَنْبَعِثُ مِنَ الشَّمْسِ. (٢٣٢)

غ

الْغازُ الْمادَّةُ الَّتي لَيْسَ لَها حَجْمٌ مُحَدَّدٌ وَلا شَكْلٌ مُحَدَّدٌ. (٢١٦)

الْغِلافُ الْجَوّيُّ طَبَقَةُ الْهَواءِ الَّتي تُحيطُ بِكَوْكَبِ الأَرْضِ. (١٦٤)

الْغَلَيانُ تَغَيُّرُ حالَةِ المادَّةِ مِنْ سائِلٍ إِلى غازٍ. (٢١٨)

ق

الْقُدْرَةُ مِقْدارُ الشُّغْلِ الْمَبْذولِ خِلالَ وَحْدَةٍ زَمَنِيَّةٍ واحِدَةٍ. (٢٦٥)

الْقُصورُ الذّاتِيُّ خاصِّيَّةُ الْمادَّةِ الَّتي تُبْقيها مُتَحَرِّكَةً في خَطٍّ مُسْتَقيمٍ، أَوْ ساكِنَةً. (٢٨١)

الْقُوى غَيْرُ الْمُتَّزِنَةِ هِيَ الْقُوى الَّتي تُؤَثِّرُ في جِسْمٍ وَتَكونُ ذاتَ مَقاديرَ غَيْرِ مُتَساوِيَةٍ. (٢٥٩)

الْقُوى الْمُتَّزِنَةُ هِيَ الْقُوى الَّتي تُؤَثِّرُ في جِسْمٍ وَتَكونُ ذاتَ مَقاديرَ مُتَساوِيَةٍ وَاتِّجاهاتٍ مُتَعاكِسَةٍ. (٢٥٨)

الْقُوَّةُ كُلُّ دَفْعٍ أَوْ شَدٍّ يَجْعَلُ جِسْمًا يَتَحَرَّكُ أَوْ يَتَوَقَّفُ عَنِ الْحَرَكَةِ أَوْ يُغَيِّرُ سُرْعَتَهُ أَوِ اتِّجاهَ حَرَكَتِهِ. (٢٥٢)

قُوَّةُ الْفِعْلِ هِيَ الْقُوَّةُ المؤثِّرة في جسمٍ. (٢٨٣)

قُوَّةُ رَدِّ الْفِعْلِ هِيَ الْقُوَّةُ المعاكسةُ لقوةِ الفِعلِ ومُساويةً لها وتؤثِّرُ على مصدر تلك القُوة. (٢٨٣)

ك

الْكُتْلَةُ كَمِّيَّةُ الْمادَّةِ في الْجِسْمِ. (٢٠٩)

الْكُتْلَةُ الْهَوائِيَّةُ تَجَمُّعاتٌ كَبيرَةٌ مِنَ الْهَواءِ لَها حَرارَةٌ ورُطوبَةُ الْيابِسَةِ أَوْ الْمِياهِ اللَّتَيْنِ تَتَكَوَّنُ فَوْقَهُما. (١٦٨)

الْكَثافَةُ كَمِّيَّةُ الْمادَّةِ في حَجْمٍ مُعَيَّنٍ. (٢١١)

كَمِّيَّةُ الْحَرَكَةِ قِياسٌ لِمَدى صُعوبَةِ إِبْطاءِ جِسْمٍ أَوْ إِيقافِهِ عَنِ الْحَرَكَةِ. (٢٧٦)

الْكَواكِبُ أَجْسامٌ كَبيرَةٌ وَمُسْتَديرَةٌ تَدورُ حَوْلَ نَجْمٍ ما. (١٨٧)

الْكُوَيْكِباتُ قِطَعٌ صَخْرِيَّةٌ ضَخْمَةٌ في الْفَضاءِ. (١٨٧)

م

الْمادَّةُ كُلُّ ما لَهُ كُتْلَةٌ وَيَشْغَلُ حَيِّزًا. (٢٠٨)

مُحَصِّلَةُ الْقُوى ناتِجُ قُوَّتَيْنِ أَوْ عِدَّةِ قُوًى تُؤَثِّرُ مَعًا في جِسْمٍ ما. (٢٦٠)

الْمِحْوَرُ خَطٌّ وَهْمِيٌّ يَمُرُّ بِمَرْكَزِ الأَرْضِ وَعَبْرَ قُطْبَيْها الشَّمالِيِّ وَالْجَنوبِيِّ. (١٨٢)

الْمَدارُ هُوَ الْمَسارُ الَّذي يَسْلُكُهُ جِسْمٌ ما في الْفَضاءِ وَهُوَ يَدورُ حَوْلَ جِسْمٍ آخَرَ، كَدَوَرانِ الأَرْضِ حَوْلَ الشَّمْسِ. (١٨٢)

الْمُذَنَّباتُ كُراتٌ جَليدِيَّةٌ وَصَخْرِيَّةٌ تَدورُ حَوْلَ الشَّمْسِ. (١٨٧)

الْمِسْبارُ الْفَضائِيُّ مَرْكَبَةٌ آلِيَّةٌ تُسْتَخْدَمُ في اسْتِكْشافِ آفاقِ الْفَضاءِ. (١٩٤)

الْمَغْناطيسِيَّةُ قُوَّةُ التَّجاذُبِ بَيْنَ الْمَغانِطِ وَالأَجْسامِ الْمَغْناطيسِيَّةِ. (٢٥٣)

مِقْياسُ الرُّطوبَةِ (الْهيجْرومِتْر) جِهازٌ يَقيسُ رُطوبَةَ الْهَواءِ. (١٧٣)

مِقْياسُ الضَّغْطِ الْجَوِّيِّ (الْبارومِتْر) جِهازٌ يَقيسُ الضَّغْطَ الْجَوِّيَّ. (١٧٢)

مِقْياسُ سُرعةِ الرِّياحِ (الأنيمومِتر) جِهازٌ يَقيسُ سُرعةَ الرياحِ. (١٧٣)

الْمَوْقِعُ مَكانُ جِسْمٍ أَوْ مَوْضِعُهُ. (٢٧٤)

و

الْوَزْنُ قِياسٌ لِلْقُوَّةِ الَّتي تَشُدُّ بِها الْجاذِبِيَّةُ الْجِسْمَ. (٢٠٩)

الْوَقودُ كُلُّ مادَّةٍ قابِلَةٍ لِلاِحْتِراقِ. (٢٣٤)